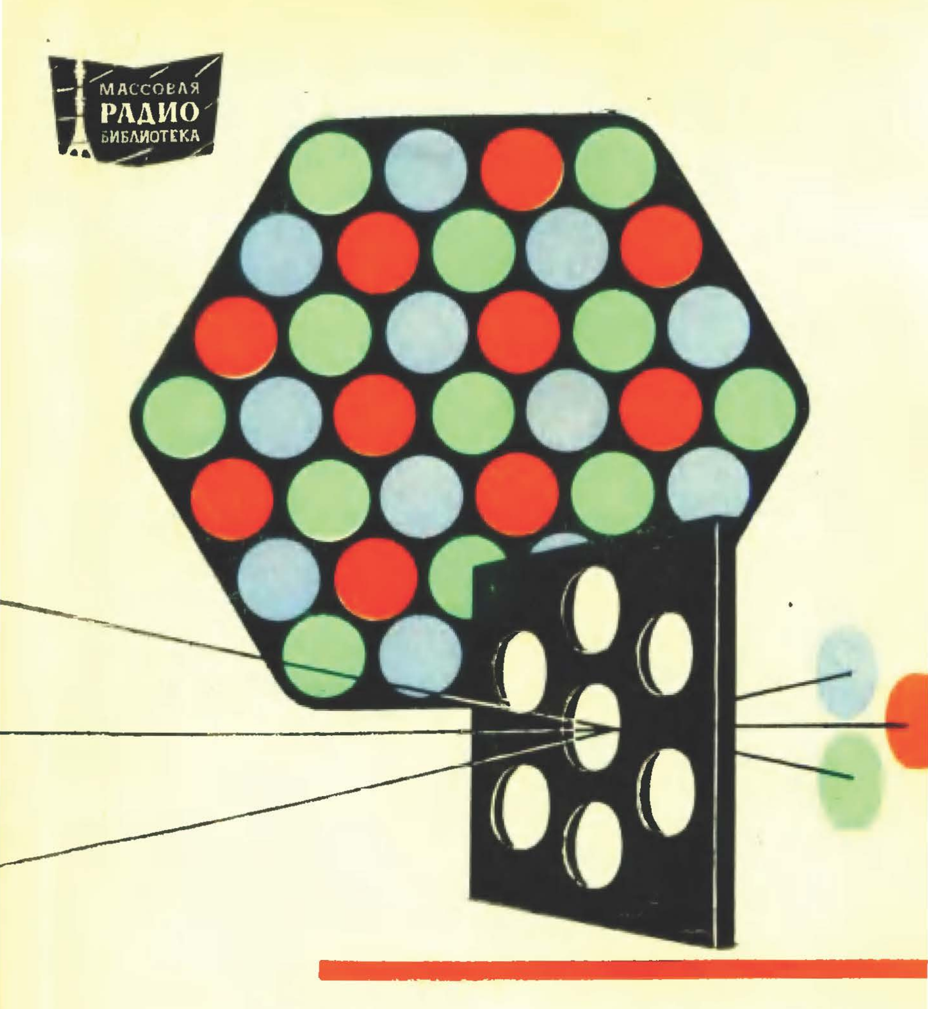
МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА



В. С. ТИХОМИРОВ

ОСОБЕННОСТИ ПРИЕМНИКА ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

МАССОВАЯ
РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 862

В. С. ТИХОМИРОВ

ОСОБЕННОСТИ ПРИЕМНИКА ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ



«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА, 1974

6Ф3
Т46
УДК 621.397.62

Тихомиров В. С.

Т46 Особенности приемника цветного телевидения. М., «Энергия», 1974.

104 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 862).

В книге рассмотрены общие вопросы воспроизведения цветного изображения, описаны физические процессы, происходящие в каналах яркости и цветности. Даны рекомендации по налаживанию, настройке и регулировке.

Книга предназначается, в основном, для подготовленных радиолюбителей, знакомых с основами черно-белого телевидения и имеющих опыт налаживания черно-белых телевизионных приемников, но может быть полезной также и для специалистов, занимающихся эксплуатацией цветных телевизоров или работающих в сфере их производства.

Т $\frac{30403-560}{051(01)-74}$ 308—74 6Ф3

ВАЛЕНТИН СЕРГЕЕВИЧ ТИХОМИРОВ

Особенности приемника цветного телевидения

Редактор *В. Я. Ротенберг*
Редактор издательства *В. А. Абрамов*
Художественный редактор *Д. И. Чернышев*
Технический редактор *О. Д. Кузнецова*
Корректор *А. К. Улегова.*

Сдано в набор 7/II 1974 г. Подписано к печати 26/VII 1974 г. Т-12875. Формат 84×108[1]/32. Бумага типографская № 2. Усл. печ. л. 5,46. Уч. изд. л. 7,77. Тираж 40 000 экз. Зак. 66. Цена 32 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время в нашей стране ведется регулярное цветное телевизионное вещание, осуществляемое на основе советско-французской системы цветного телевидения, известной под названием «СЕКАМ».

Ко времени выхода в свет настоящей книги было выпущено слишком мало печатных изданий для радиолюбителей на тему о цветном телевидении и о цветных телевизионных приемниках. Имеющиеся книги и брошюры недостаточно полно и конкретно отображают специфические вопросы работы схем цветного телевизора в той мере, в которой это необходимо для практических целей. Предлагаемая книга, по мнению автора, может в какой-то степени восполнить этот пробел и оказать конкретную помощь радиолюбителям, имеющим опыт построения черно-белых телевизоров.

Основное содержание книги — это описание особенностей цветного телевизора по сравнению с обычным черно-белым телевизором. Особое внимание уделено принципам работы декодирующего устройства и яркостного канала, поскольку эти вопросы мало освещались в печати для радиолюбителей. Описанию физических процессов в декодирующем устройстве и яркостном канале посвящен основной объем книги. Остальную часть содержания в кратком изложении составляют принцип воспроизведения цветного изображения с помощью масочного кинескопа и описание параметров системы цветного телевидения «СЕКАМ».

При подборе материала автор не стремился к описанию большого многообразия применяемых схемных решений, а старался на примерах не очень сложных схем показать основные установившиеся пути получе-

ния цветного изображения, что, по мнению автора, наиболее полно отвечает основному назначению книги — популяризации цветного телевидения среди радиолюбителей. Приведенные в книге для иллюстрации схемы отдельных функциональных элементов яркостного канала и декодирующего устройства составляют два варианта полных практических схем, пригодных для применения в любительских конструкциях цветных телевизоров.

Автор

Глава первая

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЦВЕТНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

ЦВЕТ И ОСОБЕННОСТИ ЦВЕТОВОСПРИЯТИЯ

Человек одарен замечательным свойством ощущать огромную гамму цветовых оттенков, существующих в природе. Наши цветовые ощущения обязаны способности органов зрения хорошо распознавать качественный и количественный состав световой энергии, попадающей в сетчатку глаза от самосветящихся предметов и от предметов, отражающих свет.

Как известно, луч белого солнечного света с помощью призмы можно разложить в спектр, состоящий из плавно переходящих друг в друга красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего и фиолетового цветов. Этот опыт показывает, что белый солнечный свет является смесью лучей, обладающих различными качественными свойствами.

Изучением качественных и количественных характеристик цвета занимается специальная наука — колориметрия, основные положения которой используются при решении задач о требуемом для цветного телевидения диапазоне воспроизводимых цветов и о допустимости тех или иных искажений телевизионных сигналов, приводящих к искажениям цветности.

Количественная характеристика цвета в соответствии с общепринятыми определениями колориметрии выражается яркостью, которая представляет собой воспринимаемую меру интенсивности видимого излучения. Качественная характеристика цвета, называемая цветностью, определяется двумя самостоятельными понятиями, а именно: цветовым тоном и насыщенностью.

Цветовой тон есть признак цвета, который позволяет отнести его по сходству к тому или иному спектральному цвету. Он характеризуется преобладающей длиной волны светового излучения, создающего впечатление того или иного цвета. Цветовой тон является той качественной характеристикой, которая позволяет, например, в расщепленном при помощи призмы солнечном свете отличить красный цвет от рядом расположенного оранжевого цвета, оранжевый от желтого, желтый от зеленого и т. д.

Следует отметить, что к колориметрическому понятию цветового тона относится также признак цвета, позволяющий отнести его по сходству к тому или иному пурпурному цвету, являющемуся смесью двух спектральных цветов — синего и красного. Это допол-

нение позволяет получить всю полную гамму реальных цветовых тонов по их субъективному восприятию.

Любой цвет, принадлежащий какому-либо цветовому тону, если его смешать с определенным количеством белого цвета, переходит в другой цвет, отличный от первоначального. Это качество цвета характеризуется насыщенностью, которая определяется количеством примеси белого цвета в рассматриваемом цвете. Насыщенность по существу является мерой отличия какого-либо цвета от белого.

Наш глаз различает до 150 насыщенных, т. е. не содержащих примеси белого цвета, цветовых тонов с длиной волны световых лучей примерно от 400 до 700 нм и около 40 пурпурных цветовых тонов. Таким образом, общее число цветовых тонов, которое различает наше зрение, доходит до 190. Естественно предположить, что столь большой поток информации, получаемый посредством органов зрения, оказался необходимым человеку при его общении с окружающим миром и играет в жизни людей большую роль. Совершенно очевидно, что роль цвета в телевидении далеко не ограничивается только чисто субъективным эстетическим удовлетворением, которое испытывает зритель. Известно, что благодаря цвету изображение делается более отчетливым и разборчивым, так как цвет дает дополнительную большую информацию для распознавания объектов. Более того, цветное изображение обладает особенным свойством передавать пространственную перспективу, за счет чего изображение воспринимается как более объемное и выразительное.

Для оптимального построения системы цветного телевидения необходимо учитывать особенности цветового зрения и зрения вообще. Более того, без учета этих особенностей совершенно немыслимо было бы решить задачу телевизионного вещания.

Важной особенностью зрения является инерционность восприятия световых раздражений, заключающаяся в том, что световое возбуждение способно сохраняться в течение некоторого времени после окончания действия светового раздражителя. Это время равно примерно 0,4—1,0 с и объясняется, вероятно, особенностями протекания химических реакций в колбочках и палочках.

Как известно, это свойство зрения используется в телевидении, позволяя производить поэлементную развертку изображения от строки к строке и от одного полукадра к другому. Благодаря этому свойству физически дискретная развертка изображения воспринимается нами как изображение цельное, так как глаз не успевает замечать его поэлементной структуры.

Другой важной особенностью зрения является зависимость разрешающей способности глаза, характеризуемой различимостью мелких деталей, от их яркости, контрастности и цветности. Наибольшая разрешающая способность имеет место при рассмотрении черно-белых деталей, а также деталей, окрашенных в зеленый цвет. Для деталей, окрашенных в другие цвета, разрешающая способность существенно ухудшается. Самая низкая разрешающая способность зрения наблюдается при рассмотрении деталей, окрашенных в фиолетовый цвет. Однако при большой яркости мелких окрашенных деталей изображения разрешающая способность зрения почти не уменьшается по сравнению с черно-белым изображением. Зависимость разрешающей способности зрения от цвета учитывается при выборе методов кодирования сигналов в системах цветного телевидения.

Третьей, очень важной особенностью зрения, используемой в цветном телевидении, является слабая различаемость цвета в мелких деталях по сравнению с различаемостью яркости этих деталей. Поэтому мелкие детали окрашенного изображения воспринимаются зрением значительно больше по разнояркости, чем по разноцветности. Сущность этой особенности зрения состоит в том, что по мере уменьшения размеров разноцветных деталей последние будут постепенно утрачивать цветность и при некоторых размерах цветных элементов будут казаться нам серыми.

Благодаря этому свойству зрения оказалось возможным существенно сократить объем информации о цвете, передаваемой по каналам связи и воспроизводимой на экране цветного телевизора. Это достигается тем, что мелкие детали цветного изображения передаются черно-белыми. При этом отсутствие окраски мелких деталей незначительно ухудшает субъективное восприятие цветного изображения.

Основное снижение объема передаваемой информации в цветном телевидении достигается за счет использования ограниченного числа насыщенных цветовых тонов, что оказалось возможным благодаря особому свойству цветового зрения, известному под названием т р е х к о м п о н е н т н о с т и цветовосприятия.

Трехкомпонентная теория предполагает наличие в органах зрения человека трех обособленных групп нервных аппаратов, один из которых дает ощущение насыщенного красного цвета, другой — зеленого и третий — синего. В результате совместного действия этих трех видов цветочувствительных аппаратов возбуждающий свет различается зрением по своей цветности.

Благодаря этой особенности цветового зрения для воспроизведения цветного изображения достаточно использовать только три указанных цвета, называемых о с н о в н ы м и. При этом по телевизионному каналу достаточно передавать информацию об интенсивности каждого из трех основных цветов в любой данный момент времени поэлементной развертки изображения. Соответственно и цветовоспроизводящее устройство должно быть способным воспроизводить только эти три цвета.

В соответствии с трехкомпонентной теорией цветовосприятия получение цветного изображения в телевидении основано на методах, использующих смешение трех основных цветов, благодаря чему оказалось возможным получить требуемую непрерывную гамму цветовых тонов. При смешении примерно равноярких основных цветов — красного, зеленого и синего — получаются следующие дополнительные цвета: смесь красного, синего и зеленого цветов дает белый цвет; смесь красного и зеленого цветов дает желтый цвет; смесь красного и синего цветов дает пурпурный цвет; смесь синего и зеленого цветов дает голубой цвет. Различные комбинации яркости смешиваемых основных цветов позволяют получить остальные цветовые оттенки, а отсутствие всех трех цветов воспринимается как черное.

Некоторое уменьшение объема информации о цвете в системах цветного телевидения достигается ограничением точности цветовоспроизведения на основе технически обоснованных норм, разработанных с учетом свойств цветового зрения. В первую очередь это оказалось возможным потому, что цветовая память, т. е. способность запоминания цветов, у человека невысока относительно распознавания цветов при их одновременном сопоставлении. Орган зрения до-

пускает существенные погрешности цветовоспроизведения, когда нет возможности для сравнения воспроизводимого цвета с действительным.

Кроме того, сами цветовые ощущения цветовосприятия не остаются все время постоянными, а зависят от условий освещенности и свойств источника света, что в свою очередь дополнительно расширяет границы допустимого отклонения воспроизводимой цветности от действительной.

Следует заметить, что требовательность зрения к точности воспроизведения цветностей не одинакова для всех цветов. Острота цветового зрения особенно высока к точности воспроизведения так называемого телесного цвета, т. е. цвета кожи и лица человека. Именно поэтому очень удобно при субъективной оценке качества цветопередачи пользоваться цветными кадрами с крупными портретными планами.

Без большого ущерба для качества цветной телевизионной передачи, с целью снижения требований к параметрам цветовоспроизводящих устройств, в цветном телевидении ограничивается возможность воспроизведения сильно насыщенных цветов, вероятность которых относительно невысока.

ТРЕХЛУЧЕВОЙ КИНЕСКОП С ТЕНЕВОЙ МАСКОЙ

Для воспроизведения цветного изображения в настоящее время применяется преимущественно цветная электронно-лучевая трубка — трехлучевой кинескоп с теневой маской или, как его называют сокращенно, м а с о ч н ы й   к и н е с к о п. В отличие от монохромного (одноцветного) кинескопа, предназначенного для воспроизведения черно-белого изображения, масочный цветной кинескоп имеет три электронные пушки. Относительное расположение пушек таково, что центры их симметрии, соединенные прямыми линиями, образуют равносторонний треугольник. Каждая из электронных пушек наклонена к оси кинескопа под небольшим углом, одинаковым для всех пушек.

Экран масочного кинескопа имеет мозаичную структуру нанесения люминофоров трех основных цветов: красного, зеленого и синего. Каждая из трех пушек предназначена для возбуждения только одного какого-либо люминофора. Одна из пушек обеспечивает свечение красных люминофорных точек, другая — зеленых, третья — синих. Строгое распределение этих функций между тремя пушками обеспечивается специальной конструкцией кинескопа.

Так как светящиеся люминофорные точки очень малы, а число их достаточно велико, дискретная структура растра оказывается незаметной для глаза наблюдателя.

К модулирующим электродам каждой пушки подводятся электрические сигналы, управляющие интенсивностью свечения экрана для каждого цвета в отдельности. Поскольку каждая пушка обеспечивает свечение экрана только одним основным цветом, независимо от двух других пушек, то весь экран или любая его часть может засвечиваться одновременно одним, двумя или тремя цветами в произвольных пропорциях. При этом может быть получен практически любой цвет за счет пространственного смешения цветов.

Люминофорное покрытие масочного кинескопа представляет собой мелкие отдельные точки люминофоров, расположенные в строго

определенном порядке таким образом, что они образуют правильные треугольники, в вершинах которых находятся центры трех различных люминофорных точек (рис. 1, *б*). Совокупность трех таких точек называется т р и а д о й.

Определенный порядок расположения люминофоров характеризуется тем, что отдельные люминофорные точки размещены на экране горизонтальными рядами вдоль направления движения электронного луча в процессе строчной развертки, со строгим чередованием трех различных люминофоров в каждом ряду. Это чередование повторяется в такой последовательности, что за красной люминофорной точкой следует зеленая, за зеленой — синяя, за синей — опять красная и т. д. В следующем более низком горизонтальном ряду последовательность чередования люминофорных точек не изменяется, однако чередующийся ряд сдвинут относительно предыдущего верхнего ряда на полтора шага нанесения точек.

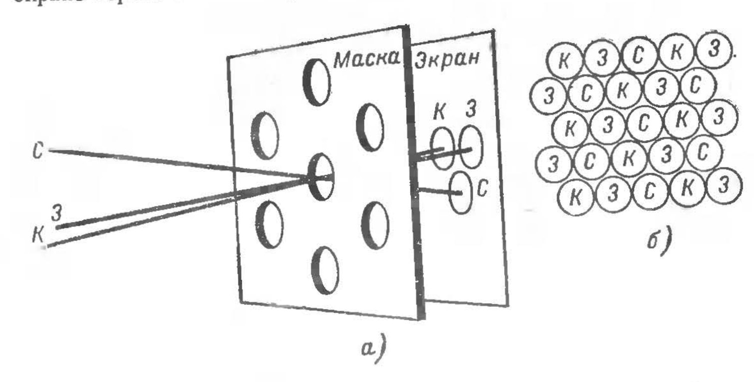


Рис. 1. К пояснению принципа работы масочного кинескопа.

Для того чтобы каждый из трех электронных лучей, принадлежащий какой-либо одной пушке, попадал строго на люминофор одного какого-либо цвета, на некотором расстоянии от экрана расположена так называемая т е н е в а я   м а с к а, представляющая собой тонкую металлическую диафрагму из листового металла, форма которой является частью сферической поверхности с радиусом, несколько меньшим радиуса сферической поверхности экрана.

Маска имеет в себе очень большое число круглых отверстий небольшого диаметра, число которых равно числу люминофорных триад.

Электронные лучи, проникая одновременно через какое-либо из отверстий маски, попадают только на «свой» лиминофор, возбуждая его (рис. 1, *а*). Если бы маска отсутствовала, то каждый из трех лучей, двигаясь по экрану, попадал бы не только на точки своего люминофора, но также и на точки двух других люминофоров. Таким образом, маска выполняет функцию заградительного устройства, предотвращающего засветку красных люминофорных точек лучами синей и зеленой пушек, синих люминофорных точек лучами красной и зеленой пушек, зеленых люминофорных точек лучами красной и синей пушек.

Степень однородности свечения экрана для каждого цвета в отдельности оценивается понятием чистоты цвета.

Точная юстировка чистоты цвета в центральной части экрана производится с помощью магнита чистоты цвета. Магнит чистоты закрепляется на горловине с помощью пружинящего кольца или с помощью кольцевого обхвата, стягиваемого винтом. Обычно маг-

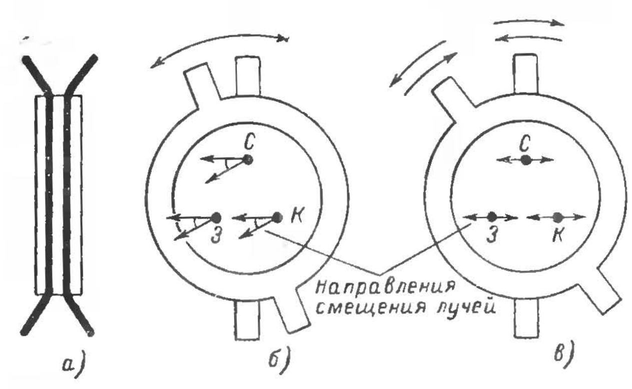


Рис. 2. Устройство магнита чистоты цвета:

а — конструкция; *б* — направление смещения лучей при совместном вращении обоих магнитов; *в* — направление смещения лучей при изменении углового положения магнитов относительно друг друга.

нит чистоты размещается против электронных прожекторов вблизи цоколя кинескопа. Точное местоположение магнита чистоты указывается в паспортных данных на кинескоп.

Внутри арматуры магнита чистоты находятся два намагниченных по диаметру кольца из тонкой листовой стали, сложенных вместе и снабженных рычажками для вращения магнитов относительно горловины кинескопа (рис. 2, *а*). Стальные кольца намагничены так, что одной половине кольца соответствует северный полюс, а другой — южный. Магнитное поле внутри кольцевых магнитов почти равномерно и оказывает одинаковое отклоняющее действие на все три луча, отклоняя их в направлении, перпендикулярном направлению магнитных силовых линий. Поворачивая оба магнита вместе вокруг горловины, можно менять направление магнитного поля, что приведет к изменению направления, в котором смещаются лучи (рис. 2, *б*). Раздвигая или сдвигая кольца при помощи рычажков, можно плавно менять напряженность магнитного поля, которая будет наибольшей, когда одноименные магнитные полюсы двух колец совместятся, и наименьшей, когда произойдет совмещение разноименных полюсов. Изменение напряженности постоянного магнитного поля магнита чистоты приводит к изменению угла отклонения электронных лучей относительно оси кинескопа (рис. 2, *в*).

Перемещаясь с большой скоростью к экрану под влиянием ускоряющего электрического поля, три электронных потока, как и в монохроматическом кинескопе, попадают в магнитное поле отклоняющей системы, где происходит отклонение этих потоков в соответст-

вии с законами развертки по горизонтали и вертикали. Для того чтобы получить чистоту цвета на периферийных участках экрана, необходимо, чтобы центр отклонения для каждого экземпляра кинескопа находился строго в определенном месте. Для такого совмещения в конструкции отклоняющей системы масочного кинескопа предусмотрена возможность небольшого перемещения отклоняющих

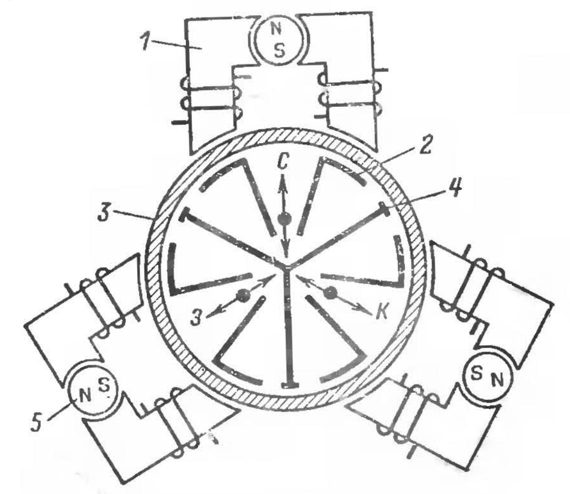


Рис. 3. Устройство системы сведения лучей.

1 — внешний полюсный наконечник; *2* — внутренний полюсный наконечник; *3* — горловина кинескопа; *4* — внутренний магнитный экран; *5* — магнит статического сведения.

катушек вдоль оси кинескопа с механической фиксацией ее в оптимальном положении.

Магнит чистоты цвета одинаково воздействует на каждый из трех электронных лучей и поэтому не может скорректировать относительную угловую ошибку каждого из лучей в отдельности. Такая ошибка приводит к тому, что, достигая поверхности маски, лучи (а точнее, их оси) не пересекаются в одной точке, т. е. не сводятся.

Для точного сведения всех трех лучей в центральной части экрана служат три постоянных регулируемых магнита со своими полюсными наконечниками, которые размещаются против трех пар специальных полюсных наконечников цилиндра сведения, вмонтированного в горловину кинескопа (рис. 3). При этом путь каждого электронного луча проходит через активную область одной из пар полюсных наконечников. Каждая пара внутренних полюсных наконечников имеет магнитную экранировку, что устраняет нежелательное взаимное влияние трех магнитных полей. В этих условиях каждое постоянное магнитное поле действует только на один «свой» электронный луч, смещая его на поверхности маски в одном из направлений. Внешние полюсные наконечники с вмонтированными в них вра-

щающимися магнитами цилиндрической формы, намагниченными по диаметру, располагаются на горловине под углом 120° друг к другу и образуют статическую систему сведения лучей. Постоянные магнитные поля внутренних полюсных наконечников каждой пары в отдельности тоже оказываются разнонаправленными, и угол между ними получается равным 120°. Все это с учетом взаимного расположения электронных пушек обусловливает перемещение синего луча на экране в вертикальном направлении. Красный и синий лучи перемещаются под углом 30 и 150° соответственно к горизонтальному направлению. При этом всегда имеется возможность абсолютно точно свести любые два луча, третий же луч может и не совпасть с двумя первыми. Абсолютно точное статическое сведение всех трех лучей достигается применением еще одного магнита, совмещенного обычно в один общий узел с магнитом чистоты цвета. Этот магнит производит смещение синего луча в горизонтальном направлении и называется магнитом статического сведения синего луча по горизонтали.

Конусообразная часть кинескопа заключается в магнитный экран из магнитомягкой листовой стали, служащий, в основном, для уменьшения влияния внешних магнитных полей. При наличии магнитного экрана в меньшей степени нарушается чистота цвета при изменении положения кинескопа относительно внешних магнитных полей.

На магнитном экране, по его периметру, размещается катушка размагничивания кинескопа, которая охватывает его стальной бандаж. Эта катушка предназначена для периодического размагничивания стальных конструкций кинескопа и магнитного экрана от паразитных остаточных постоянных магнитных полей, могущих возникать произвольно с течением времени и нарушать чистоту цвета. В катушку размагничивания каждый раз, в момент включения телевизора, автоматически подается спадающий по экспоненциальному закону переменный ток частоты 50 Гц, сформированный в специальном несложном устройстве, в котором переменный ток указанной формы получается, например, в процессе заряда электролитических конденсаторов через полупроводниковые вентили. Кроме того, для данной цели могут применяться специальные термисторы.

ПОНЯТИЕ О ДИНАМИЧЕСКОМ СВЕДЕНИИ И КОРРЕКЦИИ ПОДУШКООБРАЗНЫХ ИСКАЖЕНИЙ РАСТРА

В связи с тем что центры кривизны сферических поверхностей экрана и теневой маски не совпадают с центром отклонения электронных лучей, а также в силу того, что каждая из электронных пушек имеет наклон по отношению к оси кинескопа, электронные лучи по мере их отклонения от центра экрана не попадают в одну точку на поверхности теневой маски, т. е. схождение лучей нарушается по мере смещения светящегося пятна к периферии экрана. Для сохранения условий сведения лучей по всей площади экрана необходимо синхронно с отклонением каждого луча изменять по определенному закону его угол отклонения. Процесс изменения углов отклонения с целью совмещения трех лучей на периферийных участках экрана называется *динамическим сведением*.

Динамическое сведение лучей осуществляется с помощью электромагнитов динамического сведения, катушки которых размещены на полюсных наконечниках магнитов статического сведения. Катушки электромагнитов динамического сведения питаются токами, изменяющимися по определенным законам синхронно и синфазно с частотой кадровой и строчной развертки.

Систему статического и динамического сведения лучей (или регулятор сведения) выполняют в виде единого узла, размещаемого на горловине кинескопа в непосредственной близости к отклоняющей системе. С помощью механических приспособлений система сведения сочленяется вместе с отклоняющей системой.

Разведение (рассовмещение) трех лучей на различных участках экрана приводит к тому, что три одноцветных растра на экране оказываются смещенными относительно друг друга и не одинаковыми по форме (рис. 4). Каждый из трех одноцветных растров имеет форму трапеции.

Рис. 4. Рассовмещение трех одноцветных растров в трехлучевом масочном кинескопе.

Это происходит потому, что пути, проходимые электронными пучками, оказываются различными из-за различного смещения электронных пушек относительно оси кинескопа и из-за их неодинакового наклона к этой оси. Так, путь, который проходит луч красной пушки от центра отклонения до левой стороны экрана, оказывается короче, чем до правой стороны; путь луча зеленой пушки, наоборот, получается короче до правой стороны экрана, и путь луча синей пушки будет короче до верхней части экрана, чем до его нижней части. В результате сторона растра, лежащая на более удаленном расстоянии от своей электронной пушки, делается несколько длиннее противоположной стороны.

Несовпадение центральных частей изображения в каждом из трех растров, происходящее вследствие неточностей сборки электронных пушек, устраняется регулировкой магнитов статического сведения. При этом три одноцветных изображения в центре экрана совмещаются, но по мере удаления от центра они расходятся, накладываясь друг на друга рассовмещенно. Особенно сильное разведение одноцветных изображений наблюдается в углах экрана.

Расхождение трех лучей при увеличении угла их отклонения, в силу определенного взаимного положения электронных пушек в сечении горловины кинескопа, подчиняется определенным правилам, а именно: луч синей пушки при его вертикальном отклонении почти не смещается в горизонтальном направлении; лучи красной и зеленой пушек расходятся при их вертикальном отклонении в горизонтальных направлениях так, что луч красной пушки смещается вправо, а луч зеленой пушки смещается влево от вертикальной линии, проходящей через центр экрана; лучи красной и зеленой пушек при их горизонтальном отклонении почти не расходятся и смещаются одновременно выше горизонтальной линии, проходящей

через центр экрана; луч синей пушки при его горизонтальном отклонении смещается ниже горизонтальной линии, проходящей через центр экрана.

В связи с этим при увеличении угла отклонения всех трех лучей (в любом направлении) лучи красной и зеленой пушек оказываются всегда выше синего луча, а луч красной пушки оказывается всегда правее луча зеленой пушки. Поэтому для сведения трех лучей в одну точку на поверхности маски для каждого луча требуется всегда одно я то же направление его смещения, независимо от того, в какой части экрана в данный момент находятся эти лучи. Луч красной пушки почти всегда требуется смещать влево и несколько вниз, луч синей пушки — вверх. Требуемая степень смещения всегда возрастает по мере увеличения угла отклонения, но оказывается различной в зависимости от того, в какой части экрана находятся лучи.

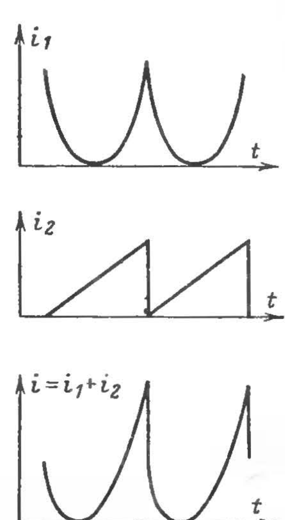


Рис. 5. Изменение наклона параболического тока сведения лучей.

Токи, необходимые для катушек динамического сведения, в первом приближении должны изменяться по параболическому закону, для которого характерны монотонные изменения, довольно точно аппроксимирующие требуемые законы смещения. Однако, форма параболы должна быть асимметричной, поскольку величины корректирующих токов должны быть различными в зависимости от того, в какой части экрана находятся лучи. Так, величина корректирующего тока луча красной пушки должна быть в левой части экрана несколько большей, чем в правой. Для коррекции луча зеленой пушки величина корректирующего тока, наоборот, должна быть больше, когда луч находится в правой части экрана. Величина корректирующего тока луча синей пушки должна быть большей в верхней части экрана.

Асимметричность формы корректирующих токов получают добавлением к параболическому току i_1 пилообразной составляющей i_2, которая обеспечивает наклон параболы в любую сторону в зависимости от того, какая форма пилообразной составляющей выбирается — нарастающая или спадающая. Величина наклона при этом определяется амплитудой пилообразного тока (рис. 5).

Формирование корректирующих токов для системы динамического сведения происходит в специальной схеме блока динамического сведения лучей, которым снабжается цветной телевизор. В состав этого блока входят пассивные элементы (переменные резисторы и катушки), с помощью которых осуществляется динамическое сведение лучей [Л. 4, 6 и 7].

К блоку динамического сведения подводятся импульсные напряжения от кадровой и строчной разверток. Выход блока сведения электрически связан с тремя парами катушек, входящих в систему динамического сведения.

Для создания телевизионных приемников, имеющих уменьшенные габариты, современные форму и внешний вид, оказалось необходимым разработать широкоугольные цветные кинескопы с короткой горловиной и относительно плоским экраном. Позволяя существенно уменьшить габариты телевизора, широкоугольные кинескопы требуют некоторого усложнения схем строчной и кадровой разверток. Эти усложнения, с одной стороны, обусловлены необходимостью увеличения отклоняющих токов в связи с тем, что для отклонения луча на бо́льший угол, при прочих равных условиях, нужен бо́льший ток. С другой стороны, схема усложняется в связи с введением в нее специальных корректирующих элементо́в, компенсирующих геометрические подушкообразные искажения растра.

Причиной подушкообразных искажений растра является нарушение пропорциональной зависимости между величиной отклоняющего тока в кадровых и строчных катушках отклоняющей системы и перемещением светящегося пятна от центральной части экрана кинескопа к его периферии, поскольку, строго говоря, отклоняющему току пропорционален угол отклонения электронного луча, а не величина его линейного смещения на поверхности экрана.

Пропорциональность зависимости длины смещения светящегося пятна от величины отклоняющего тока с известным приближением сохраняется при малых углах отклонения. При больших углах отклонения и больших радиусах кривизны экрана, которые имеют место в широкоугольных кинескопах, равным приращениям углов отклонения соответствуют разные приращения длин смещения светящегося пятна, причем приращения длин смещения пятна увеличиваются по мере увеличения абсолютного значения угла отклонения. Это приводит к тому, что растр оказывается как бы растянутым в тех направлениях, в которых угол отклонения получается наибольшим, т. е. по диагоналям экрана. При этом растр приобретает форму подушки, т. е. форму искаженной четырехугольной фигуры с вогнутыми к центру экрана сторонами.

В цветном телевизоре коррекция подушкообразных геометрических искажений растра не может осуществляться, как в черно-белых телевизорах, при помощи регулируемых постоянных магнитов, размещенных на отклоняющей системе, так как при такой коррекции из-за неодинакового влияния постоянных магнитных полей на каждый из трех электронных лучей нарушается чистота цвета и ухудшается точность динамического сведения. Коррекция геометрических искажений в масочных цветных кинескопах, имеющих угол отклонения 90° и более, производится электрическим способом, сущность которого заключается в формировании токов отклонения специальной формы.

В частности, для коррекции подушкообразных искажений по вертикали отклоняющий ток строчной развертки модулируется параболическим напряжением кадровой частоты так, что размах пилообразного тока строчной развертки уменьшается в начале и конце прямого хода кадровой развертки (рис. 6, *а*). Коэффициент модуляции и форма модулирующего напряжения выбираются такими, чтобы вогнутые вертикальные границы раствора сделались прямолинейными.

Для коррекции подушкообразных искажений по горизонтали к отклоняющему току кадровой развертки добавляется корректирующий параболический ток строчной частоты, который имеет

максимальную амплитуду в начале и конце прямого хода кадровой развертки и равномерно уменьшается до нуля в середине прямого хода, изменяя свою полярность на противоположную при переходе от первой ко второй половине прямого хода кадровой развертки (рис. 6, *б*). В результате действия тока такой формы размер по вертикали для строк, расположенных в верхней и нижней частях растра относительно его середины, увеличивается в середине строк и спадает к их краям. При этом вогнутые горизонтальные границы растра делаются почти прямолинейными, если оптимально выбраны форма и размах корректирующего тока.

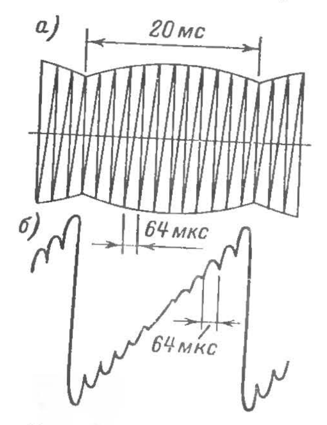


Рис. 6. Форма отклоняющих токов строчной (*а*) и кадровой (*б*) развертки.

Для формирования отклоняющих токов, имеющих требуемую форму для коррекции подушкообразных искажений, применяют специальные корректирующие трансформаторы (трансдукторы), которые работают с использованием эффекта насыщающихся магнитопроводов, когда имеет место нелинейная зависимость между индукцией и напряженностью магнитного поля в сердечнике трансформатора. На рис. 7 приведена одна из распространенных схем коррекции подушкообразных искажений по вертикали и горизонтали.

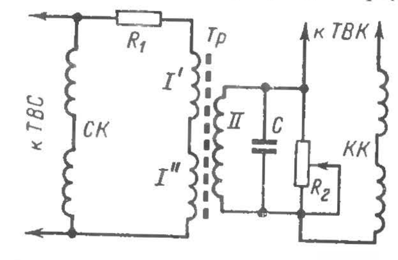


Рис. 7. Схема коррекции подушкообразных искажений растра.

Первичная обмотка корректирующего трансформатора *Тр* разделена на две части, каждая из которых намотана на крайних стержнях Ш-образного ферритового сердечника. Обе части обмотки по отношению друг к другу соединены согласно и через резистор R_1 подключены параллельно строчным отклоняющим катушкам. Вторичная обмотка трансформатора намотана на среднем стержне сердечника и вместе с конденсатором *C* образует колебательный контур, настраиваемый в резонанс на частоту, несколько меньшую, чем частота строчной развертки. Вторичная обмотка трансформатора включается последовательно с кадровыми отклоняющими катушками, и через нее протекает пилообразный отклоняющий ток кадровой развертки.

В тот момент времени, когда пилообразный ток кадровой развертки, изменяясь по абсолютной величине, проходит через нулевое значение, в среднем керне создаются два равных и противоположно направленных магнитных потока от токов строчной частоты, протекающих в первичной обмотке. Эти потоки в среднем керне взаимно компенсируются, в результате чего ток строчной частоты во вторичной обмотке будет отсутствовать.

Подмагничивающий ток кадровой развертки создает в двух крайних стержнях сердечника различные магнитные индукции, так как магнитные потоки от токов кадровой и строчной развертки имеют одинаковое направление в одном стержне и противоположное в другом. Это приводит к появлению в среднем стержне сердечника разностного магнитного потока, величина и направление которого зависят от величины и направления тока кадровой развертки во вторичной обмотке корректирующего трансформатора. Разностный магнитный поток в среднем стержне в свою очередь вызывает появление тока строчной частоты во вторичной обмотке и, следовательно, в кадровых катушках отклоняющей системы. Оба тока (строчный и кадровый) складываются, в результате чего получается форма отклоняющего тока, изображенная на рис. 6, *б*.

Поскольку ток кадровой частоты, протекающий во вторичной обмотке трансформатора, изменяет свое направление при переходе от первой половины прямого хода ко второй, то и полярность тока строчной частоты, наводимого из первичной обмотки, тоже изменяется на обратную, так как разностный магнитный поток в среднем стержне сердечника изменяет свое направление.

Корректирующий ток строчной частоты во вторичной обмотке трансформатора приобретает параболическую форму за счет двукратного интегрирования его импульсной составляющей. Первый раз интегрирование происходит в первичной обмотке корректирующего трансформатора, а второй — в последовательной цепи индуктивных сопротивлений обмотки выходного трансформатора кадров и кадровых катушек отклоняющей системы. Колебательный контур, образованный конденсатором *C* и эквивалентной индуктивностью всех индуктивных звеньев, подсоединенных к нему, служит для обеспечения требуемой фазы корректирующего тока строчной частоты. С помощью переменного сопротивления R_2 можно плавно менять амплитуду этого тока.

Коррекция подушкообразных искажений по вертикали в рассматриваемой схеме (рис. 7) производится за счет подмагничивания сердечника корректирующего трансформатора током кадровой частоты. По мере увеличения абсолютной величины этого тока наступает более интенсивное насыщение всего сердечника, вследствие чего уменьшается индуктивность первичной обмотки трансформатора. При этом возрастает ток строчной частоты в первичной обмотке корректирующего трансформатора и уменьшается пилообразный ток строчной частоты в строчных отклоняющих катушках. Такое перераспределение токов, обусловленное неравномерным шунтированием строчных отклоняющих катушек первичной обмоткой трансформатора, приводит к тому, что пилообразный ток строчной развертки приобретает форму, изображенную на рис. 6, *а*.

Поскольку подушкообразные искажения по вертикали обычно невелики, то даже в промышленных моделях цветных телевизоров их иногда не корректируют. Горизонтальные подушкообразные искажения не корректируются только у масочных кинескопов с малым размером экрана и небольшим углом отклонения.

ПИТАНИЕ МАСОЧНОГО КИНЕСКОПА

Питающие напряжения и электрические сигналы подводятся к электродам кинескопа посредством выводов на цокольной части колбы и многоштырьковой ламповой панельки. Кроме того, на конусной части колбы имеется вывод второго анода, подсоединение к которому осуществляется с помощью провода с повышенной электрической прочностью изоляции, заканчивающегося пружинящим контактом с резиновой присоской. На внешнюю конусную часть колбы кинескопа нанесено графитовое покрытие, которое должно иметь электрическое соединение с шасси радиоблока телевизора.

Внешнее графитовое покрытие конусной части колбы кинескопа и внутреннее проводящее покрытие, соединенное внутри колбы со вторым анодом, образуют своеобразный конденсатор, который используется как элемент фильтра высоковольтного источника питания. С другой стороны, заземление внешнего графитового покрытия делает его электростатическим экраном, уменьшающим паразитное излучение гармонических составляющих, кратных частоте строчной развертки, которые обычно присутствуют в напряжении питания второго анода.

Второй анод питается постоянным стабилизированным напряжением 20—25 кВ, вырабатываемым в схеме строчной развертки или в специальном высоковольтном блоке. Ламповые схемы развертки цветных телевизоров обычно по принципу действия мало отличаются от подобных схем черно-белых телевизоров. Основная отличительная особенность этих схем состоит в том, что в схемах строчной развертки цветных телевизоров применяются более мощные лампы. Кроме того, почти обязательной частью таких схем является высоковольтный стабилизирующий ламповый триод, назначение которого — поддерживать неизменным высокое напряжение на втором аноде кинескопа при изменении потребляемого тока. В отечественных масочных кинескопах ток второго анода может изменяться от нуля до 1,5—2 мА для относительно контрастных деталей изображения. Столь высокое абсолютное значение тока трех лучей масочного кинескопа по сравнению с током луча черно-белого кинескопа объясняется низкой прозрачностью теневой маски, через которую на экран попадает только 15—20% общего тока, в то время как остальная часть рассеивается на поверхности маски.

В связи с тем, что в цветном масочном кинескопе имеются не одна, а три электронных пушки, горловина масочного кинескопа значительно толще горловины черно-белого кинескопа. Это обстоятельство приводит к тому, что при прочих равных условиях отклоняющие токи в катушках отклоняющей системы масочного кинескопа должны быть существенно бо́льшими по сравнению с токами отклонения монохромных кинескопов, так как в данном случае отклоняющее электромагнитное поле определенной напряженности требуется получить в гораздо бо́льшем объеме пространства. Кроме этого, отклоняющие токи для масочного кинескопа требуются бо́льшими в связи с тем, что напряжение второго анода у масочных кинескопов заметно более высокое, чем у черно-белых кинескопов, а, как известно, чем выше напряжение второго анода, тем бо́льшую напряженность поля отклонения должна создавать отклоняющая система для обеспечения требуемого угла отклонения. Этими двумя факторами объясняется, в основном, необходимость более высокой мощности развертывающих устройств цветного телевизора. Необходимость стабилизации высокого напряжения на втором аноде кинескопа обусловлена большим внутренним сопротивлением источника высокого напряжения и большим суммарным током лучей кинескопа. В этом случае значительные изменения тока лучей приводят к недопустимо большим изменениям высокого напряжения и размера изображения. Кроме того, может ухудшиться фокусировка и нарушиться чистота цвета.

В последнее время благодаря появлению блоков умножения напряжения типа УН 8,5/25—1,2 стало возможным создание нестабилизированных высоковольтных выпрямителей с приемлемой величиной внутреннего сопротивления.

В транзисторных цветных телевизорах развертку электронного луча и получение высокого напряжения обычно выполняют в самостоятельных блоках. Это объясняется трудностью создания достаточно мощных транзисторов, обладающих хорошими ключевыми свойствами и быстродействием процесса переключения. Стабилизация размера изображения в транзисторных телевизорах осуществляется по принципу, сущность которого состоит в использовании системы автоматического регулирования.

На цокольной части кинескопа расположен вывод фокусирующего электрода, который является общим для всех трех электронных пушек. К выводу фокусирующего электрода подводится постоянное напряжение 3,0—5,0 кВ, величина которого подбирается для получения наилучшей фокусировки лучей. Электрод электростатической фокусировки масочного кинескопа работает без потребления тока от источника фокусирующего напряжения. Поэтому внутреннее сопротивление источника может быть большим. Источник фокусирующего напряжения должен иметь плавную или ступенчатую регулировку для установки оптимальной фокусировки лучей.

Фокусирующее напряжение получают выпрямлением импульсного напряжения обратного хода строчной развертки, снимаемого с выходного трансформатора. В качестве вентиля обычно применяется высоковольтный полупроводниковый столбик. Выход выпрямителя нагружается на емкость порядка 100 пФ.

В транзисторных цветных телевизорах питание фокусирующего электрода чаще всего осуществляется от высоковольтного источника питания второго анода посредством деления этого напряжения в высокоомном резистивном делителе. При этом ток делителя выбирают не более 100—150 мкА, чтобы не создавать существенной дополнительной нагрузки на источник.

Электрическая схема масочного кинескопа дана на рис. 8. Каждая электронная пушка имеет свой подогреватель, катод, модулятор и ускоряющий электрод.

Подогреватели всех трех пушек соединены внутри трубки параллельно. К двум выводам подогревателей подводится переменное напряжение 6,3 В, которое берется с отдельной обмотки силового трансформатора, не связанной с другими цепями телевизора, а также с землей. Один из выводов подогревателя обычно соединяют через резистор 100 кОм с одним из катодов кинескопа. Этим обеспечивается выравнивание потенциалов подогревателя и катода, что необходимо для предотвращения электрического пробоя между катодом и подогревателем.

К каждому ускоряющему электроду подводятся постоянные напряжения относительно потенциала катода порядка 200—700 В,

которые снимаются с трех потенциометров. Величина постоянного напряжения на каждом ускоряющем электроде должна устанавливаться индивидуально своим потенциометром Для питания ускоряющих электродов обычно используется напряжение вольтодобавки, вырабатываемое в ламповых схемах строчной развертки. В тех

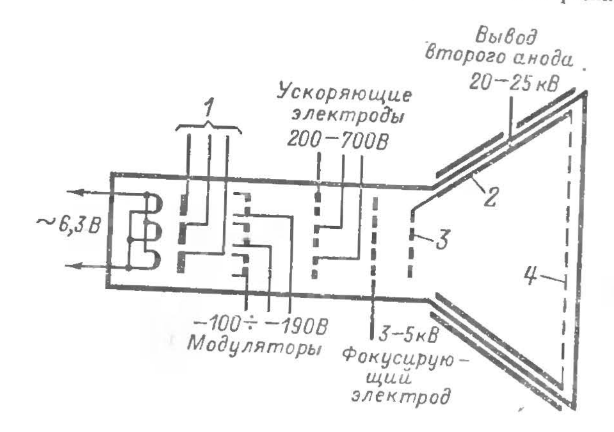


Рис. 8. Схема трехлучевого кинескопа с теневой маской. Потенциалы на электродах указаны относительно катодов.

1 — катоды; *2* — оквадаг; *3* — второй анод; *4* — маска.

транзисторных схемах, в которых для получения фокусирующего напряжения применяется делитель высокого напряжения, питание ускоряющих электродов может осуществляться посредством подключения трех параллельно соединенных потенциометров в разрыв цепи этого делителя, ближе к его заземленному концу. При этом точка разрыва и величина сопротивления каждого потенциометра выбираются так, чтобы каждый из потенциометров обеспечивал требуемые пределы регулирования ускоряющего напряжения.

Катоды кинескопа обычно оказываются связанными потенциально с анодными или коллекторными цепями видеоусилительных каскадов. Поэтому постоянное напряжение катодов определяется режимом по постоянному току этих усилительных каскадов.

В зависимости от вида применяемой схемы возбуждения кинескопа модуляторы могут быть либо связанными также с усилительными каскадами, либо к ним подводятся только постоянные напряжения 100—190 В — отрицательные по отношению к потенциалам соответствующих катодов. В любом случае каждый модулятор в отдельности должен иметь регулировку подводимого постоянного напряжения.

В схеме питания электродов кинескопа, кроме того, должна быть предусмотрена возможность совместного одновременного регулирования постоянных напряжений на всех трех модуляторах или катодах, что необходимо для регулировки яркости изображения.

Если в телевизоре применена схема, в которой видеосигналы подводятся только к катодам кинескопа, то для регулировки яркости используются модуляторы. В этом случае на модуляторы одновременно подаются импульсы гашения обратного хода по строкам и кадрам. В случае, когда видеосигналы подводятся и к катодам и к модуляторам, яркость удобно регулировать изменением режима по постоянному току усилительного каскада, с которым потенциально связаны все три катода, т. е. изменением напряжения на катодах.

В цветных масочных кинескопах возможны высоковольтные разряды внутри кинескопа, вероятность которых возрастает по мере увеличения напряжений второго анода и фокусирующего электрода. Такой разряд сопровождается резким увеличением напряжений на фокусирующем электроде, на ускоряющих электродах, на модуляторах и катодах. Это явление, если не принять специальных мер, может приводить к частым выходам из строя самого кинескопа, транзисторов, полупроводниковых диодов и даже ламп, имеющих электрическую связь с электродами кинескопа.

Для предотвращения возможности слишком сильных разрядов в кинескопе с целью защиты элементов электрической схемы и повышения надежности рекомендуется на всех выводах цокольной части кинескопа, исключая выводы подогревателей, устанавливать искровые разрядники. Такие разрядники в промышленных телевизорах выполняют печатным способом на печатной плате. Между печатными дорожками, образующими искровой промежуток, делаются сквозные щели в материале печатной платы с тем, чтобы разряд происходил по воздуху, а не по поверхности материала. Ширина зазора в искровых промежутках должна быть примерно 0,3—0,4 мм для катодов и модуляторов, 0,5—0,6 мм для ускоряющих электродов и 5—7 мм для фокусирующего электрода.

С целью усиления защиты от разрядов элементов схемы, имеющих непосредственную связь с электродами кинескопа, между этими элементами и выводами электродов устанавливают резисторы 1—2 кОм так, чтобы последние находились между разрядниками и схемой. Эти резисторы устанавливаются на печатной плате разрядников, к которой прикрепляется также и многоштырьковая ламповая панелька кинескопа. Таким образом, разрядники и ламповая панель сочленяются в один узел, размещаемый в непосредственной близости от кинескопа.

ПОНЯТИЕ О БАЛАНСЕ БЕЛОГО

Яркость свечения экрана масочного кинескопа в отдельных цветах зависит (при некоторых неизменных напряжениях на ускоряющих электродах) от потенциалов модуляторов соответствующих электронных пушек относительно потенциалов катода. Для получения белого цвета свечения экрана достаточно подобрать потенциалы трех модуляторов так, чтобы величины токов трех электронных лучей находились в некотором определенном соотношении, постоянном для данного типа кинескопа. Поскольку распределение энергии по спектру у применяемых люминофоров не одинаково, а для получения белого цвета необходимо обеспечить примерно одинаковые энергии свечения трех люминофоров, то токи электронных лучей должны находиться в соотношении, обратно пропорциональном требуемому распределению энергии. Это усло-

вие получения белого цвета свечения экрана называется статическим балансом белого цвета или сокращенно **балансом белого**.

Необходимо, чтобы баланс белого, полученный для одной какой-либо яркости свечения экрана, сохранялся во всем требуемом диапазоне изменения яркостей, т. е. чтобы при изменении общей яркости всего экрана и его отдельных частей токи всех трех лучей изменялись бы пропорционально. Второе условие называется динамическим балансом серой шкалы или просто **динамическим балансом**.

Нарушение статического баланса белого проявляется на изображении в том, что экран по всему полю оказывается «подкрашенным» каким-либо основным или дополнительным цветом. Особенно этот дефект заметен при приеме черно-белого изображения, однако его мешающее действие приводит и к нарушению правильного воспроизведения всех цветов. Если баланс белого нарушен, например, избыточностью зеленого цвета, то наблюдатель воспринимает изображение как бы прошедшим через зеленый светофильтр. Недостаток синего цвета воспринимается как паразитная подкраска всего изображения в желтоватый цвет и т. п.

Нарушение динамического баланса проявляется в посторонней цветовой окраске темных или светлых элементов черно-белого изображения, при которой не сохраняется серая шкала на различных уровнях градаций яркости. Цветное изображение при этом тоже искажается, так как при этом нарушается правильное цветовоспроизведение на светлых и темных его участках.

Динамический баланс является по отношению к балансу белого более общим условием получения качественного изображения. Поэтому его часто называют динамическим балансом белого, включая в понятие динамического баланса условие правильного воспроизведения белого цвета.

Необходимость введения в схему питания кинескопа элементов регулировки динамического баланса обусловлена несовпадением модуляционных характеристик электронных пушек и различием энергий светоотдачи люминофоров. В силу влияния этих факторов требуется обеспечить такой режим работы кинескопа, при котором сохранялась бы пропорциональность между изменяющимися токами трех лучей на участках черно-белого изображения с различной яркостью.

Для уяснения процесса регулирования динамического баланса рассмотрим график, изображенный на рис. 9, который, в частности, показывает, что наклон модуляционной характеристики какого-либо луча кинескопа сильно зависит от напряжения на ускоряющем электроде. При изменении ускоряющего напряжения одновременно с изменением наклона характеристики происходит смещение точки запирания луча на оси напряжений модулятора. Изменение же напряжения модулятора приводит в основном к параллельному смещению характеристики, т. е. к изменению потенциала запирания.

Перечисленные модуляционные свойства масочного кинескопа позволяют всегда так подобрать постоянные напряжения на всех его модуляторах, чтобы при наличии видеосигналов, подведенных к его катодам, запирание трех лучей происходило одновременно в тот момент времени, когда передается уровень черного. Вместе с тем подбором напряжений на ускоряющих электродах добиваются получения требуемых крутизн наклона вольт-амперных характеристик каждого луча. Первое условие исключает паразитную окраску темных элементов изображения, а второе — светлых. Одновременно второе условие обеспечивает требуемый цвет свечения экрана, близкий к натуральному или эталонному.

Итак, с помощью трех пар потенциометров, установленных в цепях модуляторов и ускоряющих электродов, в большинстве случаев можно получить баланс белого и динамический баланс, если пределы изменения напряжений достаточны. Регулировка динамического баланса производится визуально по оценке изображения серой шкалы, получаемой с помощью испытательного сигнала на экране кинескопа. Динамический баланс получают способом последовательных приближений, поочередно вращая движки потенциометров. Точная методика, учитывающая последовательность операций регулировки, вырабатывается с учетом особенностей той или иной конкретной схемы цепей баланса и схемы видеотракта цветного изображения.

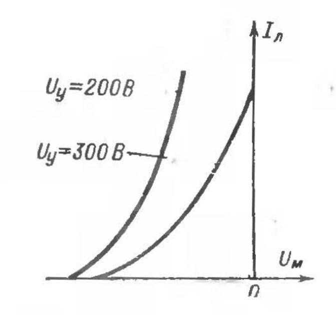


Рис. 9. Характеристики зависимости тока луча от потенциала модулятора для двух значений ускоряющего напряжения.

Особое внимание при разработке цветных телевизоров уделяется условиям обеспечения стабильности динамического баланса и баланса белого, который не должен существенно нарушаться при изменении напряжения питающей сети, при изменении окружающей температуры, с течением времени, а также при различных положениях регуляторов яркости, контрастности и насыщенности. Об особенностях построения схем, удовлетворяющих условиям стабильности динамического баланса, и о регулировке динамического баланса будет сказано далее при рассмотрении конкретных схем видеотракта.

Глава вторая

СИСТЕМА ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ СЕКАМ

ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ ЯРКОСТИ И ЦВЕТНОСТИ

В основу цветного телевидения положен принцип разложения цветного изображения на три основных одноцветных изображения и преобразование их в соответствующие электрические сигналы. Такое разложение и преобразование осуществляется в цветной передающей телевизионной камере, упрощенная функциональная схема которой представлена на рис. 10.

Световой поток, отраженный от объекта, находящегося «в поле зрения» камеры, попадает в оптическую систему, где он фокусируется и расщепляется системой зеркал на три световых потока, каждый из которых проходит через один из трех светофильтров. В результате формируются три световых потока красного, зеленого и синего цветов, которые с помощью передающих электронно-лучевых трубок преобразуются в соответствующие электрические сигналы,

содержащие информацию об окраске объекта передаваемого изображения в эти цвета.

Далее, полученные таким образом первичные цветовые видеосигналы, называемые **сигналами цветоделенных изображений** или **сигналами основных цветов**, которые условно обозначаются как U_R — сигнал красных элементов изобра-

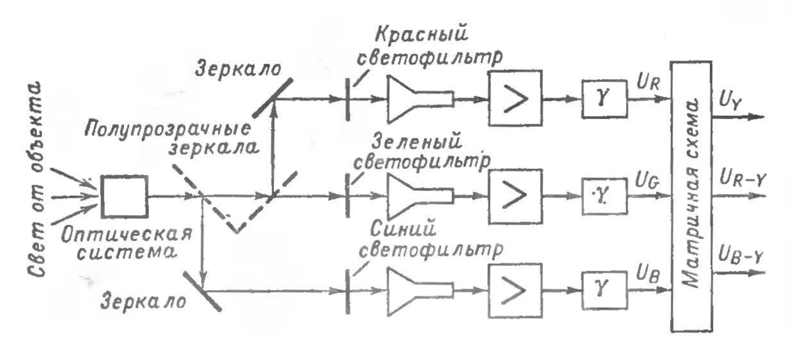


Рис. 10. Упрощенная блок-схема формирования сигналов цветного изображения.

жения, U_G — сигнал зеленых элементов изображения и U_B — сигнал синих элементов изображения, усиливаются и подвергаются гамма-коррекции, основное назначение которой состоит в компенсации нелинейности модуляционной характеристики приемной трубки (это достигается пропусканием каждого из сигналов через нелинейную цепь, форма нелинейности которой обратна по отношению к форме модуляционной характеристики приемной трубки).

Цветовые видеосигналы U_R, U_G и U_B пригодны для воспроизведения изображения на экране масочного кинескопа, но не годятся для черно-белых кинескопов, так как использование этих сигналов противоречит одному из основных условий совместимости цветной и черно-белой систем телевидения. Поэтому в тракте цветной телевизионной передачи помимо цветовых сигналов обязательно должен передаваться и сигнал черно-белого изображения, называемый **сигналом яркости** или **яркостным сигналом**.

Сигнал яркости U_Y получают сложением всех трех сигналов цветоделенных изображений в матричной схеме в соответствии с уравнением

$$U_Y = 0{,}30\, U_R + 0{,}59\, U_G + 0{,}11\, U_B\, ,$$

согласно которому яркостный сигнал содержит 30% «красного», 59% «зеленого» и 11% «синего» сигналов. При этом размах сигнала яркости получается равным размахам исходных цветовых сигналов.

Неравнозначность числовых коэффициентов в последнем уравнении учитывает особенности спектральной чувствительности зрения человека, а именно то, что глаз наиболее чувствителен к зеленому цвету, менее чувствителен к красному цвету и еще менее чувствителен к синему цвету. Хотя изображение в черно-белом телевизоре и не будет цветным, для большей естественности яркость «зеленых» мест

изображения должна быть наибольшей, а яркость «синих» мест — наименьшей.

Кроме сигнала яркости в матричной схеме передающего устройства из сигналов яркости и цветности получают два так называемых **цветоразностных сигнала**, которые образуются путем вычитания сигнала яркости из соответствующего сигнала цветоделенных изображений:

$$U_{R-Y} = U_R - U_Y = 0{,}70\, U_R - 0{,}59\, U_G - 0{,}11\, U_B\, ,$$

$$U_{B-Y} = U_B - U_Y = 0{,}89\, U_B - 0{,}59\, U_G - 0{,}30\, U_R\, .$$

В дальнейшем для кодирования цветовой и черно-белой информации используются только три полученных сигнала, а именно: сигнал яркости U_Y, цветоразностный «красный» сигнал U_{R-Y} и цветоразностный «синий» сигнал U_{B-Y}. Такой выбор сигналов обусловлен наилучшей помехозащищенностью системы цветного телевидения от взаимных помех между отдельными сигналами, а также возможностью при этом сохранить общую полосу частот канала связи такой же, как и в системе черно-белого телевидения.

Наличие сигнала яркости и двух цветоразностных сигналов позволяет после декодирования информации в цветном телевизоре и после обратных матричных преобразований получить три первичных сигнала основных цветов. Сигналы U_G и U_{G-Y} при этом могут быть получены непосредственно из сигналов U_Y, U_{R-Y} и U_{B-Y} в соответствии с уравнениями

$$U_G = 1{,}7\, U_Y - 0{,}51\, U_R - 0{,}19\, U_B\, ;$$

$$U_{G-Y} = -0{,}51\, U_{R-Y} - 0{,}19\, U_{B-Y}\, .$$

При пользовании приводимыми здесь уравнениями необходимо помнить, что знак минус перед числовым коэффициентом означает инверсию полярности рассматриваемого сигнала по отношению к сигналу, полярность которого принято считать положительной. Иными словами, операцию вычитания одного сигнала из другого заменяют сложением, предварительно изменив полярность того сигнала, перед выражением которого стоит знак минус.

После соответствующего усиления сигналы $-U_R$, $-U_G$ и $-U_B$, полученные в цветном телевизоре, могут быть поданы на катоды масочного кинескопа. Если модуляторы заземлить для переменной составляющей напряжения, то кинескоп в этом случае будет работать аналогично электронной лампе с заземленной сеткой. Такое построение схемы, когда для возбуждения кинескопа используются цветовые сигналы U_R, U_G и U_B, называется **методом сигналов основных цветов**.

Наряду с этим методом в цветных телевизорах применяется **метод цветоразностных сигналов**, отличающийся тем, что к катодам кинескопа подводится яркостный сигнал — U_Y, а к модуляторам все три цветоразностных сигнала U_{R-Y}, U_{G-Y} и U_{B-Y}. Полярности этих сигналов выбираются так, чтобы в результате их действия переменные напряжения на каждом модуляторе, измеренные относительно своего катода, представляли собой сигналы U_R, U_G и U_B. В последнем случае роль матрицы цветовых сигналов выполняет сам кинескоп. Действительно, если к катоду красной пушки подвести сигнал $-U_Y$, а на модулятор этой же пушки подать цве-

торазностный сигнал U_{R-Y}, то кинескоп воспроизведет изображение, соответствующее алгебраической сумме этих сигналов. Учитывая, что катод и модулятор оказывают противоположное управляющее действие на яркость свечения экрана, т. е. при увеличении напряжения на катоде яркость уменьшается, а при увеличении напряжения на модуляторе яркость, наоборот, увеличивается, можно прийти к выводу, что в результате на экране будет воспроизведено изображение, соответствующее разности сигналов, подведенных отдельно к модулятору и отдельно к катоду.

В настоящее время в цветных телевизорах применяются оба метода возбуждения кинескопа. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, которые будут рассмотрены далее. Здесь же пока отметим, что в ламповых и лампово-транзисторных схемах цветных телевизоров применяется преимущественно метод цветоразностных сигналов. Транзисторные же телевизоры чаще строятся по методу цветовых сигналов.

Для проверки и настройки цветных телевизионных приемников используется специальный испытательный сигнал, сформированный электрическим способом из импульсных сигналов. С помощью испытательного сигнала на экране приемной цветной телевизионной трубки получают изображение чередующихся в определенной последовательности восьми равных по ширине вертикальных цветных полос.

Испытательный сигнал позволяет дать объективную оценку качеству работы основных звеньев приемного тракта, а также определить те части схемы, в которых имеются отклонения от нормальных условий работы.

С помощью испытательного сигнала можно произвести точную настройку низкочастотной части приемного тракта с установкой регулировочными элементами требуемых количественных соотношений между отдельными сигналами для получения правильного цветовоспроизведения.

Цветные полосы, воспроизведенные на экране приемной трубки с помощью испытательного сигнала, располагаются в следующей последовательности: первая полоса в левой части экрана — белая, вторая полоса — желтая, третья — голубая, четвертая — зеленая, пятая — пурпурная, шестая — красная, седьмая — синяя и восьмая — черная.

Для получения испытательного сигнала служит генератор цветных полос, в котором три релаксационных генератора формируют первичные импульсные сигналы основных цветов U_R, U_G и U_B. Эти генераторы работают синхронно с тем, чтобы строго выдерживался порядок следования импульсных сигналов во времени по отношению друг к другу и к строчному интервалу. В результате на трех выходах генератора цветных полос выделяются сигналы основных цветов испытательной таблицы, форма которых имеет вид прямоугольных импульсов (рис. 11, *а*, *б* и *в*).

Каждый из сигналов основных цветов U_R, U_G и U_B имеет два стационарных уровня 0,0 и 1,0, переход на каждый из которых происходит очень быстро. Уровни рассматриваемых сигналов имеют размерность напряжения и выражены в относительных единицах с тем, чтобы проще было проследить количественные связи между уровнями других сигналов. При рассмотрении формы сигналов на рис. 11 следует иметь в виду, что уровень 0,0 соответствует потенциалу запирания кинескопа, а уровень 1,0 — максимальной яркости

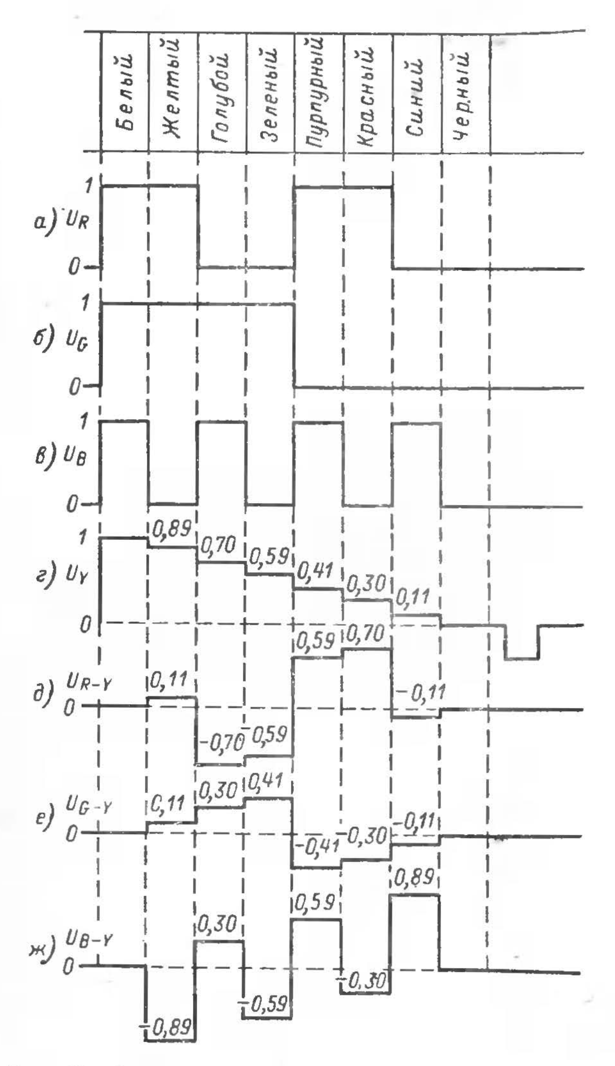


Рис. 11. Формирование испытательного сигнала цветных полос.

свечения экрана в каждом цвете при допустимой величине тока каждого луча.

Поскольку на экране приемной трубки воспроизводятся вертикальные полосы, целое число раз укладывающиеся вдоль каждой строки, модуляция токов лучей тоже должна следовать этому закону, общему для всех активных строк построчного разложения. Поэтому при рассмотрении процесса формирования испытательного сигнала достаточно ограничиться рассмотрением только одной строки, так как в других строках процесс повторяется.

В той части строки, в пределах которой должна воспроизводиться белая вертикальная полоса, уровни всех трех сигналов U_R, U_G и U_B равны единице и экран будет засвечиваться всеми тремя основными цветами одновременно, что при наличии баланса белого вызовет свечение соответствующей части экрана белым цветом. В той же части строки, на которой должна воспроизводиться желтая полоса, уровни сигналов U_R и U_G равны единице, а уровень сигнала U_B равен нулю. При этом соответствующая часть экрана будет засвечена одновременно только красным и зеленым цветом, что в силу действия закона смешения цветов даст желтый цвет свечения. Рассмотрев подобным образом все оставшиеся участки строки, можно убедиться в том, что на экране цветной телевизионной трубки действительно воспроизведутся восемь цветных полос, из которых черная полоса получается при уровнях сигналов всех трех основных цветов, равных нулю.

Сигнал яркости U_Y (рис. 11, *г*) формируется в матричном устройстве из сигналов U_R, U_G и U_B согласно уравнению яркостного сигнала, по которому для получения сигнала U_Y необходимо произвести сложение сигналов U_R, U_G и U_B, взяв их максимальные уровни соответственно равными яркостным коэффициентам 0,30, 0,59 и 0,11. Произведя графически поэлементное сложение всех уровней для участков каждого цвета и дополнив график изображением строчного синхроимпульса, который должен размещаться ниже уровня черного, получим форму сигнала яркости.

Сигнал яркости представляет собой ниспадающую ступенчатую функцию, которая воспроизводит на экране черно-белого кинескопа восемь вертикальных полос различной яркости от самой светлой в левой части экрана до черной в его правой части. Если яркостный сигнал U_Y использовать для модуляции тока лучей всех трех пушек масочного цветного кинескопа, то на его экране тоже будут воспроизведены черно-белые полосы различной яркости.

Свойство яркостного сигнала U_Y воспроизводить черно-белое изображение на экране цветного кинескопа сохраняется и для сигнала, сформированного камерой цветного телевидения. Благодаря именно этому свойству цветной телевизор способен воспроизводить черно-белое изображение при черно-белой передаче.

Цветоразностный сигнал U_{R-Y} (рис. 11, *д*) получается сложением сигнала основного цвета U_R с сигналом $-U_Y$, т. е. с яркостным сигналом, полярность которого противоположна полярности сигнала U_Y. Поступая аналогично с сигналами U_G и U_B, получим цветоразностные сигналы U_{G-Y} (рис. 11, *е*) и U_{B-Y} (рис. 11, *ж*).

Яркостный сигнал U_Y и два цветоразностных сигнала U_{R-Y} и U_{B-Y}, сформированные в генераторе цветных полос, являются основными сигналами, используемыми в кодирующем устройстве для формирования полного видеосигнала цветного изображения испытательной таблицы цветных полос. Применение испытательного сигнала удобно тем, что в нем все формы и уровни точно определены, а также известны все допустимые их отклонения от нормы.

СИСТЕМА СЕКАМ. ПРИНЦИП ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ ЦВЕТНОСТИ

В настоящее время во всем мире получили распространение три системы цветного телевидения: американская система NTSC, ее разновидность — западно-германская система PAL и советско-французская система SECAM (Sequence de Couleurs Avec Memoire — последовательная передача цветов с запоминанием).

Система цветного телевидения NTSC разработана сравнительно давно и используется в США, Канаде и Японии, а также в странах Латинской Америки. Система PAL принята в ФРГ, Англии, Австрии, Швеции, Финляндии, Швейцарии, Дании, Голландии и Норвегии. Систему SECAM, кроме СССР и Франции, приняли ГДР, Чехословакия, Польша, Болгария, Венгрия и МНР. Сравнительные характеристики перечисленных систем цветного телевидения, а также их особенности, преимущества и недостатки читатель может найти в [Л. 1, 5].

Одним из основных требований к любой системе цветного телевидения является требование с о в м е с т и м о с т и этой системы с системой черно-белого телевидения. Под этим понимается необходимость удовлетворения таких условий, при которых черно-белый телевизионный приемник мог бы принимать в черно-белом виде как черно-белую, так и цветную передачу, а цветной телевизионный приемник — черно-белую передачу в черно-белом виде и цветную передачу в цветном виде. Это требование вытекает из экономических соображений эффективного использования имеющегося у населения парка черно-белых телевизоров, а также комплекса передающей аппаратуры и линий связи.

В связи с требованиями совместимости полоса частот, занимаемая сигналами цветного изображения, должна оставаться такой же, как и у сигналов черно-белого изображения. Кроме того, сигналы цветности и яркости, передаваемые в общей полосе частот, не должны оказывать значительного мешающего действия друг на друга, способного вызвать существенно заметные искажения изображений.

Советско-французская система цветного телевидения, принятая в нашей стране, была разработана советскими и французскими специалистами в рамках научно-технического сотрудничества между СССР и Францией. В основу советско-французской системы цветного телевидения положена французская система СЕКАМ (SECAM), которая впоследствии была существенно изменена и усовершенствована совместными работами советских и французских специалистов. Один из вариантов усовершенствованной системы, известной под сокращенным названием СЕКАМ—IIIБ, был принят для внедрения в СССР и Франции.

Разработка и выбор системы цветного телевидения являются весьма сложной и важной научно-технической задачей, при решении которой учитывается целый ряд технико-экономических факторов. В условиях нашей страны при выборе системы цветного телевидения основное внимание уделялось доступности цветного телевизионного вещания широким слоям населения, что на первый план при оценке

основных свойств выбранной системы поставило простоту и дешевизну приемника цветного изображения при наименьшей подверженности искажениям сигнала в сравнительно протяженных каналах связи.

Основной отличительной особенностью системы СЕКАМ от других систем цветного телевидения является то, что для кодирования

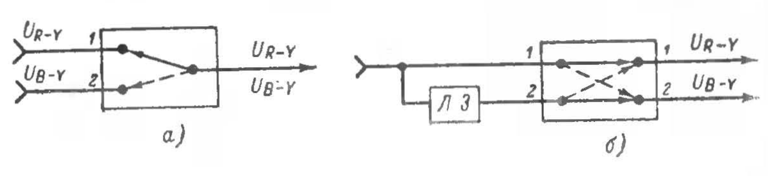


Рис. 12. Функциональные схемы.

а — формирования последовательной серии сигналов цветности в кодирующем устройстве; *б* — восстановления их непрерывности в декодирующем устройстве.

цветовой информации в ней используется частотная модуляция поднесущей частоты цветоразностными сигналами, передаваемыми последовательно и поочередно в течение времени развертки двух смежных строк изображения. В декодирующем устройстве производится восстановление непрерывности следования обоих сигналов цветности с помощью электронного коммутатора и запоминающего устройства.

В системе СЕКАМ цветоразностные сигналы U_{R-Y} и U_{B-Y} передаются на поднесущей частоте попеременно во времени так, что в течение одного строчного интервала передается только сигнал U_{R-Y}, а в течение другого — только сигнал U_{B-Y}. Для этого в кодирующем устройстве на передающей стороне производится соответствующее чередование сигналов, которое обеспечивается применением электронного коммутатора.

Электронный коммутатор имеет два входа и один выход (рис. 12, *а*). К двум входам коммутатора подводятся сигналы U_{R-Y} и U_{B-Y}. Коммутатор имеет два состояния, одно из которых соответствует прохождению на его выход сигнала U_{R-Y}, а другое — прохождению на этот же выход сигнала U_{B-Y}.

Изменение состояния электронного коммутатора в кодирующем устройстве происходит каждый раз в момент обратного хода строчной развертки. В результате такой работы на выходе коммутатора выделяются цветоразностные сигналы, следующие друг за другом поочередно с интервалом следования, равным длительности одной строки. В течение одной строки на выходе выделяется сигнал U_{R-Y}, в течение следующей строки — сигнал U_{B-Y}, в течение третьей строки — опять сигнал U_{R-Y} и т. д., периодичность смены сигналов все время повторяется.

Полученный таким образом сигнал цветности после некоторой подготовки используется для модуляции поднесущей частоты. Модулированная поднесущая замешивается в сигнал яркости U_Y, в результате чего получается составной видеосигнал цветного изображения.

В телевизионном приемнике видеосигнал цветного изображения, представляющий собой смесь сигнала яркости и модулированной поднесущей сигнала цветности, выделяется на видеодетекторе. С по-

мощью резонансных систем модулированная поднесущая сигнала цветности может быть выделена из полного видеосигнала и продетектирована в частотном детекторе. После демодуляции цветовой поднесущей выделяются цветоразностные сигналы U_{R-Y} и U_{B-Y}, чередующиеся во времени.

Однако, как уже отмечалось, при наличии яркостного сигнала для правильного цветовоспроизведения необходимо иметь одновременно два цветоразностных сигнала. Только в этом случае матричное устройство способно выделить первичные цветовые сигналы U_R, U_G и U_B. Поэтому в телевизоре системы СЕКАМ производится обратное преобразование чересстрочного чередования цветоразностных сигналов в одновременное.

Эту задачу в декодирующем устройстве цветного телевизионного приемника решают электронный коммутатор и линия задержки с временем задержки сигнала 64 мкс, что соответствует длительности одной строки. Линия задержки используется здесь как запоминающее устройство, хранящее информацию в течение 64 мкс, а затем выдающее ее со сдвигом во времени за счет запаздывания выходного сигнала по отношению к исходному.

На рис. 12, *б* приведена функциональная схема преобразования попеременно чередующихся модулированных цветоразностных сигналов в непрерывный ряд этих сигналов. К электронному коммутатору, имеющему два входа, подводится поднесущая модулированная попеременно цветоразностными сигналами U_{R-Y} и U_{B-Y}. При этом на один из входов сигнал подводится непосредственно, а на другой — через линию задержки, т. е. запаздывающий по отношению к исходному сигналу на время, равное строчному интервалу. Коммутатор имеет два выхода, один из которых предназначен для выделения поднесущей, модулированной только сигналом U_{R-Y}, а другой — поднесущей, модулированной только сигналом U_{B-Y}.

Как и в кодирующем устройстве, электронный коммутатор декодирующего устройства изменяет свое состояние каждый раз во время обратного хода строчной развертки. Для уяснения принципа восстановления непрерывности сигналов цветности представим себе, что в некоторый момент времени на входе *1* коммутатора действует поднесущая, модулированная сигналом U_{R-Y}, и коммутатор находится в коммутационном состоянии, отмеченном на схеме сплошными линиями. На входе *2* в рассматриваемый момент времени будет действовать поднесущая, модулированная сигналом предыдущей строки U_{B-Y}, так как этот сигнал подойдет ко входу *2* с запаздыванием ровно на длительность одной строки. Таким образом, приняв во внимание коммутационное состояние коммутатора в рассматриваемый момент времени, установим, что на выходе *1* будет выделена поднесущая, модулированная сигналом U_{R-Y}, а на выходе *2* — поднесущая, модулированная сигналом U_{B-Y}.

По истечении некоторого времени электронный коммутатор изменит свое состояние на то, которое отмечено на схеме штриховыми линиями. В соответствии с порядком чередования сигналов в кодирующем устройстве на вход *1* поступит уже поднесущая, моделированная сигналом U_{B-Y}, а на вход *2* — поднесущая, модулированная задержанным сигналом U_{B-Y} предыдущей строки. Для нового момента времени, соответствующего активной части новой строки, характерно то, что поднесущая, модулированная сигналом U_{R-Y}, проходит на выход *1*, а поднесущая, модулированная сигналом U_{B-Y}, проходит на выход *2*.

Распространив рассуждения на последующие строки, легко убедиться, что на выходе *1* электронного коммутатора декодирующего устройства всегда будет выделяться поднесущая от сигнала U_{R-Y}, а на выходе *2* — поднесущая от сигнала U_{B-Y}. Коммутатор, участвуя в формировании непрерывной последовательности цветоразностных сигналов, производит также и их рассортировку по двум направлениям. Нетрудно заметить, что правильная сортировка сигналов возможна при условии синфазной и синхронной работы коммутаторов кодирующего и декодирующего устройств. Нарушение такой синфазности приводит к полному нарушению нормального цветовоспроизведения. Поэтому для обеспечения синфазной работы коммутатора приемника цветного изображения последний снабжается схемой цветовой синхронизации, работающей от специальных служебных сигналов опознавания (цветовой синхронизации), входящих в состав полного видеосигнала цветного изображения.

Осуществление принципа последовательной передачи сигналов цветности с последующим восстановлением их непрерывности оказалось возможным потому, что частичное уменьшение вертикальной четкости окрашенных элементов изображения, обусловленное уменьшением числа строк разложения, не приводит к сколь-нибудь заметным искажениям цветности, так как четкость окрашенных элементов изображения в гораздо большей степени ограничивается сравнительно узкой полосой частот каналов цветности передающего и приемного трактов. Ограничение же полосы частот сигналов цветности, приводящее к отсутствию цветовой окраски мелких деталей изображения, не критично для качества субъективно воспринимаемого цветного изображения в силу особенности зрения слабо различать цветность мелких деталей. Поскольку мелкие детали цветного изображения передаются сигналом яркости, то в общем четкость сохраняется вполне приемлемой.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ СЕКАМ

Цветоразностные сигналы могут быть переданы в общем канале с яркостным сигналом только после их к о д и р о в а н и я, т. е. после такого преобразования, в результате которого можно было бы произвести смешение яркостного сигнала и кодированного сигнала цветности, сохранив при этом возможность выделить без существенных взаимных помех в приемном устройстве раздельно оба сигнала. В системе СЕКАМ, как уже отмечалось, кодирование цветовой информации производится способом частотной модуляции поднесущей частоты цветоразностными сигналами.

Для модуляции поднесущей частоты используются сигналы $-U_{R-Y}=U_{Y-R}$ и U_{B-Y}, т. е. полярность сигнала U_{R-Y} выбрана отрицательной по отношению к положительной полярности этого сигнала, изображенной на рис. 11, *д*. Такой выбор обусловлен тем, что для большинства реальных сюжетов цветного изображения в сигнале преобладают положительные значения сигнала U_{R-Y} и отрицательные значения сигнала U_{B-Y}. Изменение полярности сигнала U_{R-Y} позволяет получить преобладание в частотно-модулированном сигнале отрицательной девиации частоты и тем самым несколько сдвинуть частотный спектр сигналов в сторону более низких частот. При этом понижаются требования к ширине полосы пропускания тракта приема и передачи со стороны верхних частот. Вместе с тем, за счет преобладания в частотно-модулированных

сигналах на соседних строках девиаций частот одного знака несколько уменьшается средняя разность значений частот, преобладающих в соседних строках, что уменьшает влияние мешающего действия модулированных поднесущих на экране черно-белого телевизионного приемника, т. е. улучшает совместимость.

Цветоразностные сигналы U_{R-Y} и U_{B-Y} еще до модуляции поднесущей частоты подвергаются низкочастотным предыскажениям $A_н$ посредством частотно-зависимой цепи, коэффициент передачи которой выражается следующей формулой:

$$A_н=\sqrt{\frac{1+(f/f_1)^2}{1+(f/3f_1)^2}},$$

в которой f — текущая частота, а $f_1=85$ кГц.

Частотная зависимость нормализованного коэффициента передачи цепи предыскажений, который представляет собой отношение коэффициента передачи K_f на какой-либо частоте к коэффициенту передачи K_0 на самых низких частотах, приведена на рис. 13. Как видно из приведенного графика, амплитудно-частотная характеристика цепи по мере увеличения текущей частоты претерпевает плавный подъем. Характерно для данной кривой то, что нормализованный коэффициент передачи, равный единице в области самых низких частот, стремится к трем при увеличении частоты.

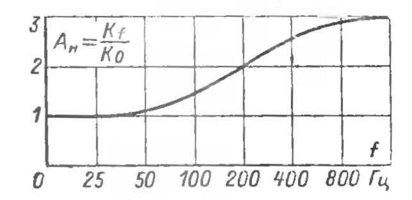


Рис. 13. Характеристика низкочастотных предыскажений.

Низкочастотные предыскажения вводятся для улучшения помехоустойчивости системы. Как известно, при частотной модуляции интенсивность шумов линейно увеличивается с ростом частоты демодулированного сигнала. В результате низкочастотных предыскажений амплитуды составляющих в спектре частот цветоразностных сигналов тоже увеличиваются по мере возрастания частоты. Таким образом, соотношение сигнал/шум на выходе частотного детектора в приемнике улучшается.

После демодуляции поднесущих цветоразностные сигналы подвергаются коррекции с помощью схемы, амплитудно-частотная характеристика которой обратна предыскажающей характеристике. На выходе корректирующих цепей спектр полезного сигнала восстанавливается, а компоненты шумов существенно ослабляются.

Частоты цветовой поднесущей в отсутствии модуляции различны на строках с сигналами U_{Y-R} и U_{R-Y}. На строке с сигналом U_{Y-R} частота покоя цветовой поднесущей выбрана равной 4,406 МГц, а на строке с сигналом U_{B-Y} эта частота равна 4,250 МГц. При переходе от строки с сигналом U_{Y-R} к строке с сигналом U_{B-Y} частота поднесущей изменяется на 156 кГц. Это сделано для некоторого смещения спектра одного модулированного сигнала относительно другого, что оказалось весьма полезным для более оптимального использования рабочей полосы частот и улучшения помехоустойчивости системы.

Разнос несущих частот сигналов, передаваемых в соседних строках, можно трактовать как наличие двух поднесущих. Читателя не должно смущать двоякое представление о существовании одной поднесущей или двух поднесущих, так как одно из этих представлений всегда формально по отношению к другому. Каждое из этих представлений не противоречит физическому смыслу рассматриваемых явлений. Следует только иметь в виду, что в любой момент времени имеется только одна поднесущая. Двух же поднесущих одновременно не существует.

Номинальная девиация частоты частотно-модулированного сигнала, определяемая отклонением текущей частоты от своей немодулированной поднесущей, выбрана в строках с сигналом U_{Y-R} равной ±280 кГц, а в строках с сигналом U_{B-Y} ±230 кГц. Под термином «номинальная девиация» понимается девиация, соответствующая номинальным размахам цветоразностных сигналов, выделенным после демодуляции поднесущих в приемнике.

Номинальная девиация поднесущей частоты для сигнала U_{Y-R} выбрана несколько бо́льшей, чем номинальная девиация для сигнала U_{B-Y}. Эта дало на деталях изображения, окрашенных в красный цвет, некоторое снижение шумов, воспринимаемых как более ощутимые по сравнению с шумами в синем цвете.

При передаче цветного изображения в отдельные моменты времени девиация поднесущей частоты может превосходить номинальные значения. В кодирующем устройстве создаются такие условия, при которых величина девиации ограничивается с тем, чтобы не ухудшать совместимости. Предельная величина девиации ограничивается в строке с сигналом U_{Y-R} частотами +350 и —500 кГц, а в строке с сигналом U_{B-Y} — частотами +500 и —350 кГц, отсчитываемыми по оси частот от соответствующих немодулированных поднесущих.

Частотно-модулированная поднесущая сигналов цветности на передающей стороне подвергается высокочастотным предыскажениям посредством частотно-зависимой цепи, коэффициент передачи которой выражается следующей формулой:

$$A_в = \sqrt{\frac{1 + 256(f/f_0 - f_0/f)^2}{1 + 1{,}59(f/f_0 - f_0/f)^2}}\,;$$

в которой f — текущая частота, а f_0=4,286 МГц.

Цепь высокочастотных предыскажений имеет амплитудно-частотную характеристику, напоминающую характеристику одиночного заградительного колебательного контура с эквивалентной добротностью Q=16, настроенного на частоту f_0=4,286 МГц. Амплитудно-частотная характеристика цепи высокочастотных предыскажений приведена на рис. 14.

Как известно, для частотно-модулированного сигнала наиболее опасны те помехи, спектры которых дальше смещены от частоты покоя поднесущей, так как они вызывают наибольшие амплитудные искажения демодулированного сигнала. Это объясняется тем, что более удаленные от частоты опорной поднесущей спектральные компоненты помех создают большую паразитную частотную девиацию поднесущей после сложения полезного сигнала с помехой в общем канале. При этом паразитная девиация частоты получается тем бо́льшей, чем больше амплитуда спектральных составляющих помех по сравнению с амплитудой поднесущей.

В результате высокочастотных предыскажений происходит увеличение амплитуды поднесущей при отклонении ее частоты в обе стороны от частоты f_0, которая расположена между частотами покоя двух поднесущих в непосредственной близости от них. Это даст значительный добавочный выигрыш в помехоустойчивости, так как при этом в приемнике улучшается соотношение между амплитудами спектральных составляющих сигнала и тех помех, спектры которых удалены от частоты покоя поднесущих.

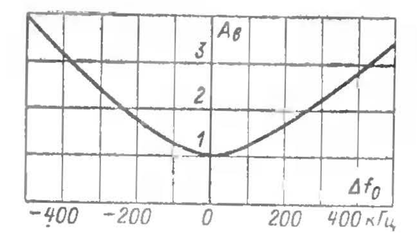


Рис. 14. Характеристика высокочастотных предыскажений для области частот ±500 кГц от частоты 4,286 МГц.

После прохождения через цепь высокочастотных предыскажений частотно-модулированный сигнал претерпевает такие амплитудные и фазовые искажения, которые должны быть скорректированы в приемнике. Коррекция этих искажений осуществляется одиночным корректирующим колебательным контуром декодирующего устройства, имеющим частотную характеристику, обратную по отношению к характеристике цепи высокочастотных предыскажений. На выходе корректирующего контура искажения сигнала устраняются, а помехи оказываются значительно ослабленными.

Для улучшения совместимости системы СЕКАМ фаза поднесущей частоты в кодирующем устройстве изменяется на противоположную в каждой третьей строке и при переходе от одного полукадра к другому. Если, например, в двух первых соседних строках одного полукадра фаза была равна 0°, то в последующей третьей строке этого полукадра она должна измениться на 180°. В двух последующих строках фаза опять должна быть равна 0° и измениться на 180° в шестой строке. Такое чередование фаз должно сохраняться в рассматриваемом полукадре и повторяться через каждые три строки. Благодаря переключениям фазы поднесущей существенно ослабляется мешающее действие сигнала поднесущей частоты на экране приемника.

Частотно-модулированная поднесущая сигнала цветности передается во время всех активных интервалов строк. Вместе с тем на задней площадке строчных гасящих импульсов передаются немодулированные поднесущие частоты 4,406 МГц для строки с сигналом U_{Y-R} и 4,250 МГц для строки с сигналом U_{B-Y}, которые, главным образом, нужны для более быстрого завершения переходного процесса в резонансных системах приемника. Это позволяет устранить помехи от переходных процессов, воспринимаемые как засветка левого края изображения паразитными сигналами.

Полный видеосигнал цветного изображения содержит сигналы опознавания, предназначенные для обеспечения синфазной работы коммутаторов приемного и передающего устройств, а также для автоматического переключения приемника цветного телевидения с режима приема черно-белых передач в режим приема цветных передач и обратно. Сигналы опознавания передаются в течение де-

вяти строк во время обратного хода кадровой развертки, а именно: на строках с 7-й до 15-й в первом полукадре и с 320-й по 328-ю во втором полукадре. Они представляют собой пакеты цветовой поднесущей длительностью в активную часть строки, модулированные по частоте усеченными пилообразными импульсами с чередованием их полярности от строки к строке.

Формы сигналов опознавания до модуляции поднесущей и после нее приведены на рис. 15. В строке, соответствующей передаче сигнала U_{Y-R}, модулированная поднесущая частота изменяется от 4,406 до 4,756 МГц и фиксируется в этом положении на время прохождения плоской части модулирующего усеченного пилообразного импульса. В следующей строке, которая соответствует передаче сигнала U_{B-Y}, поднесущая частота изменяется от 4,250 до 3,900 МГц и фиксируется в этом положении на то же время. Благодаря такому чередованию в цветном телевизионном приемнике имеется возможность электронными методами определить, какому из чередующихся сигналов принадлежит данная строка, с тем чтобы обеспечить синфазную работу коммутатора. Кроме того, наличие или отсутствие сигналов опознавания указывает на то, какое изображение передается в настоящее время — цветное или черно-белое. Эта информация необходима схеме опознавания для управления режимом работы цветного телевизора.

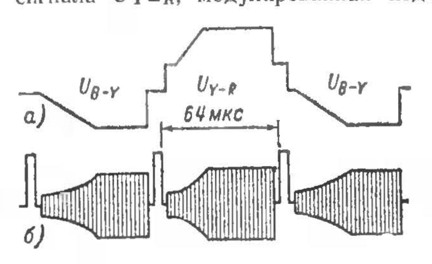


Рис. 15. Сигналы опознавания.

а — до модуляции поднесущей; б — после модуляции поднесущей в смеси с сигналом яркости.

Значения немодулированных поднесущих в системе СЕКАМ выбраны целыми кратными значению частоты строчной развертки. Так, поднесущая в строке с сигналом U_{Y-R} равна $f_R=282\,F_{стр}$, а поднесущая в строке с сигналом U_{B-Y} равна $f_B=272\,F_{стр}$. Такой выбор поднесущих частот совместно с периодическим изменением фазы поднесущих способствует уменьшению заметности помехи от поднесущей частоты на экране телевизора. Строгие соотношения между периодом строчной развертки и периодами немодулированных поднесущих создают условия, при которых экстремальные значения яркостных помех от поднесущих, входящих в состав яркостного сигнала, располагаются примерно друг под другом в одноименных строках растра. При наличии указанного порядка коммутации фазы поднесущих яркостные помехи одного знака компенсируются (усредняются) яркостными помехами другого знака на ближайших строках за цикл, равный шести полям.

При частотной модуляции поднесущих частот цветоразностными сигналами девиация частоты несет информацию о мгновенном значении цветоразностного сигнала, т. е. определяет цветовую насыщенность элемента изображения в рассматриваемый момент времени. Цветовой тон при этом определяется соотношением девиаций поднесущих частот в двух соседних строках, поскольку последний зависит только от соотношения между мгновенными значениями цветразностных сигналов. В связи с этим следует отметить важное преимущество системы СЕКАМ, проявляющееся в том, что фазовые искажения сигналов в линиях связи не вызывают искажений цветового тона и насыщенности, так как они не приводят к заметным изменениям девиации. Исключение из этого составляют участки изображения, соответствующие очень быстрым перепадам девиации, т. е. цветовые переходы.

КОДИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ ЦВЕТНОСТИ

Процессы кодирования цветовой информации удобно рассматривать на примере кодирования сигналов испытательной таблицы цветных полос, поскольку испытательный сигнал позволяет наглядно проследить качественные и количественные взаимосвязи в цепи последовательных преобразований. Упрощенная блок-схема одного из возможных вариантов кодирующего устройства приведена на рис. 16.

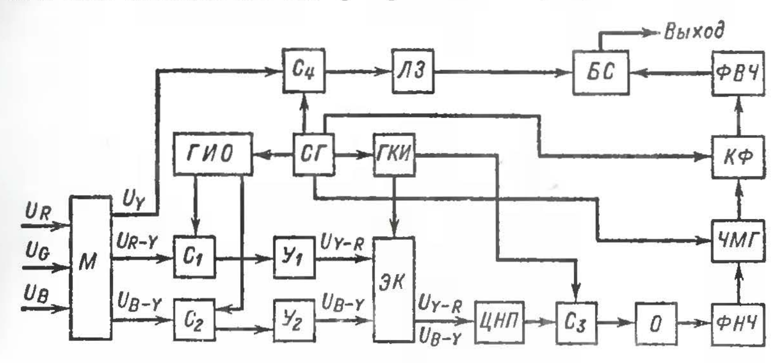


Рис. 16. Блок-схема кодирующего устройства.

Сигналы основных цветов, сформированные в специальном импульсном генераторе, подводятся к матричной схеме *М*. На выходе матрицы выделяются два цветоразностных сигнала U_{R-Y} и U_{B-Y}, а также сигнал яркости U_Y.

Непосредственно на выходах матричного устройства установлены смесительные каскады $С_1$ и $С_2$, с помощью которых к цветоразностным сигналам U_{R-Y} и U_{B-Y} добавляются импульсы опознавания. Эти импульсы формируются в генераторе импульсов опознавания *ГИО*, связанном для обеспечения синхронности работы с синхрогенератором *СГ*. Синхрогенератор *СГ* формирует импульсы гашения, синхронизирующие импульсы и другие служебные сигналы.

Усилителями $У_1$ и $У_2$ цветоразностные сигналы приводятся к определенным уровням, что необходимо для получения требуемых девиаций частоты в процессе последующей модуляции поднесущей. Вместе с тем усилитель $У_1$ изменяет полярность сигнала U_{R-Y}.

Затем цветоразностные сигналы U_{Y-R} и U_{B-Y} поступают на электронный коммутатор *ЭК*, состоянием которого управляет генератор коммутирующих импульсов *ГКИ*, синхронизируемый строч-

ными синхроимпульсами. На выходе коммутатора выделяются разноименные цветоразностные сигналы, следующие друг за другом попеременно через один строчный интервал. Форма этих сигналов в течение двух соседних строчных интервалов приведена на рис. 17, *а*.

После этого сигналы проходят через цепь низкочастотных предыскажений *ЦНП*, представляющую собой специальный частотно-избирательный фильтр.

Потом цветоразностные сигналы поступают в сумматор C_3, где происходит смещение нулевых уровней сигналов в соседних строках на величину ΔU, что необходимо для соответствующего смещения на 156 кГц по оси частот опорных поднесущих в соседних строках. Это смещение получают добавлением в сумматоре к сигналу цветности симметричного прямоугольно-импульсного напряжения, длительность каждого уровня в котором равна строчному интервалу (рис. 17, *б*). Такой импульс имеется, например, в генераторе коммутирующих импульсов электронного коммутатора. Полярность импульса выбирается так, чтобы верхний уровень этого импульсного напряжения совпадал во времени со строкой, в которой передается сигнал U_{Y-R}.

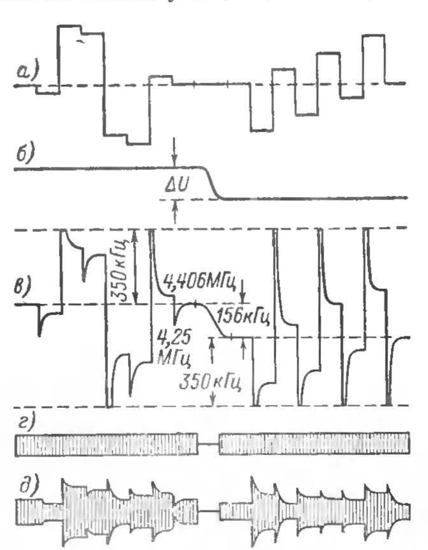


Рис. 17. Форма сигналов в кодирующем устройстве.

В результате низкочастотных предыскажений на крутых участках цветоразностных сигналов, соответствующих наиболее быстрым изменениям уровней сигнала, возникают своеобразные выбросы напряжений — пики сигналов предыскажений, амплитуда которых доходит до утроенного значения исходного перепада напряжений.

Сохранить пики у цветоразностных сигналов, исходный уровень которых соответствует номинальной девиации (номинальной насыщенности), не представляется возможным из-за ограничения пределов допустимых девиаций частоты при частотной модуляции в системе СЕКАМ. Поэтому эти пики срезаются двусторонним ограничителем *О* на уровнях, соответствующих предельной девиации (рис. 17, *в*).

Ограничение пиков сигналов приводит к потере части цветовой информации, что воспринимается как снижение четкости насыщенных цветовых компонент изображения. Однако с этим приходится мириться, если учесть, что вероятность больших цветовых насыщенностей в реальных сигналах невелика, а взамен потери части цветовой информации приобретается существенное улучшение помехоустойчивости.

При просмотре испытательного изображения цветных полос номинальной насыщенности на экране цветного телевизора видно, что из-за ограничения пиков сигналов, возникающих в результате низкочастотных предыскажений, границы между цветовыми переходами воспроизводятся нечетко. Особенно размыты цветовые переходы между синей и красной цветными полосами, между пурпурной и зеленой полосами, а также между желтой и голубой полосами. Это объясняется тем, что именно в этих местах пики сигналов достигают наибольшей амплитуды и, следовательно, сильнее ограничиваются.

Однако, если в кодирующем устройстве на передающей стороне уменьшить в 2 раза размах модулирующего напряжения, в результате чего соответственно уменьшится девиация, то пики сигналов тоже уменьшатся в 2 раза и не будут заходить в область ограничения девиации. При этом цветовые переходы изображения цветных полос делаются достаточно четкими, так как полоса частот сигналов цветности ограничивается только полосой пропускания тракта передачи и приема. В связи с этой особенностью системы СЕКАМ проверка правильности воспроизведения цветовых переходов в приемнике цветного изображения производится не более чем при 50%-ной модуляции поднесущей частоты.

После ограничения пиков сигналов, возникающих вследствие низкочастотных предыскажений, цветоразностные сигналы пропускаются через фильтр нижних частот *ФНЧ*, полоса пропускания которого установлена равной 1,4 МГц на уровне 0,7. Фильтр нижних частот ослабляет наиболее высокочастотные спектральные составляющие немодулированного сигнала цветности так, что длительность любого из перепадов напряжения, отсчитываемого от уровня 0,1 до уровня 0,9 установившегося значения, не может превосходить 0,25 мкс. Этим в кодирующем устройстве ограничивается наименьшая достижимая ширина цветных границ изображения при умеренной девиации.

Если принять во внимание, что наибольшая четкость черно-белых границ изображения в приемнике при практически достижимой полосе пропускания его сквозного тракта (5,8 МГц на уровне 0,7) соответствует времени установления переходного процесса 0,06 мкс, то нетрудно подсчитать, что идеально достижимая горизонтальная четкость в мелких деталях черно-белой составляющей цветного изображения выше наибольшей горизонтальной четкости окрашенных элементов этого изображения примерно в 4 раза.

После *ФНЧ* цветоразностные сигналы направляются в *ЧМ* генератор *ЧМГ*, у которого частота генерируемых гармонических колебаний линейно зависит от модулирующего напряжения. Особенностью этого генератора является высокая стабильность опорных поднесущих частот, которая достигается применением автоматической подстройки по эталонному кварцевому генератору. Вид частотно-модулированного сигнала условно изображен на рис. 17, *г*.

Частотно-модулируемый генератор связан с коммутатором фазы поднесущей *КФ*, обеспечивающим требуемую закономерность коммутации фазы.

Далее частотно-модулированный сигнал поступает в каскад высокочастотных предыскажений, где он проходит через специальный фильтр. Форма сигнала на выходе фильтра показана на

рис. 17, *д*. В результате высокочастотных предыскажений частотно-модулированная поднесущая подвергается амплитудной модуляции в силу того, что коэффициент передачи фильтра различен для сигналов разных частот.

В таком виде частотно-модулированная поднесущая используется для получения полного видеосигнала, который формируется в блоке сложения *БС* путем смешивания яркостного сигнала U_Y с частотно-модулированной поднесущей. Перед подачей яркостного сигнала в блок сложения в смесителе C_4 производится добавление

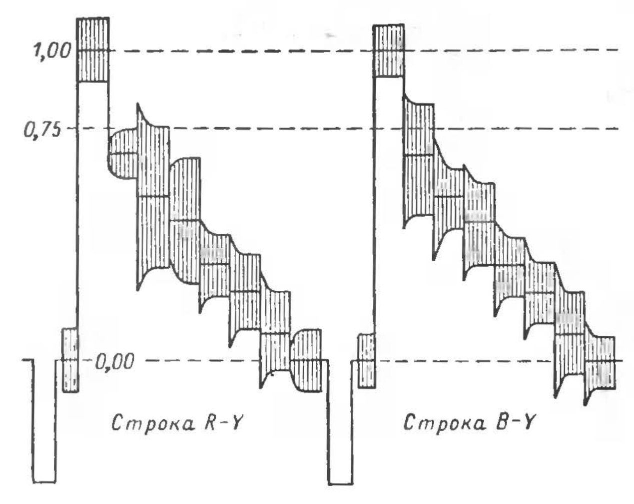


Рис. 18. Полный составной видеосигнал цветного изображения полосовой испытательной таблицы номинальной яркости и насыщенности.

к яркостному сигналу гасящих и синхронизирующих импульсов. Кроме того, с помощью линии задержки *ЛЗ* обеспечивается задержка во времени сигнала U_Y, которая необходима для того, чтобы получить одновременность поступления сигналов яркости и цветности в блок сложения *БС*. Эта одновременность оказывается нарушенной в силу того, что сигнал цветности, прошедший через сравнительно узкополосный канал, задерживается на большее время, чем сигнал яркости. Такое обстоятельство обусловливается свойством сигналов задерживаться во времени при прохождении через узкополосные каналы, причем время задержки получается тем бо́льшим, чем у́же полоса пропускания канала.

Форма полного видеосигнала цветного изображения в пределах двух соседних строк испытательного сигнала цветных полос номинальной яркости приведена на рис. 18. Составной видеосигнал представляет собой ступеньки яркостных уровней, на которых размещены пакеты частотно-модулированных поднесущих, прошедших через цепь высокочастотных предыскажений. Средние составляющие поднесущих совпадают с уровнями сигнала яркости каждой цветной полосы. На задних площадках строчных гасящих импульсов размещены пакеты немодулированных поднесущих, соответствующих строкам с сигналами U_{Y-R} и U_{B-Y}.

Все яркостные уровни в этом сигнале (кроме уровня белой полосы) составляют 75% от соответствующих уровней сигнала максимальной яркости (см. рис. 11, *г*). Яркостный уровень белой полосы в испытательном сигнале цветных полос берется обычно максимальным. Значения девиаций частоты амплитуд поднесущих для их установившегося значения (без учета выбросов) даны

Полоса	Уровень сигнала яркости	Поднесущая			
		Строка *R-Y*		Строка *B-Y*	
		Амплитуда	Девиация, кГц	Амплитуда	Девиация, кГц
Белая	1,00 (0,75)	0,21	0	0,18	0
Желтая	0,66	0,19	—45	0,35	—230
Голубая	0,53	0,47	+280	0,17	+78
Зеленая	0,45	0,43	+235	0,27	—152
Пурпурная	0,31	0,21	—235	0,21	+152
Красная	0,23	0,24	—280	0,21	—78
Синяя	0,09	0,25	+45	0,27	+230
Черная	0,00	0,21	0	0,17	0

в таблице. Амплитуда поднесущих выражена здесь в относительных единицах по отношению к размаху сигнала яркости от «белого» до «черного», равному единице.

ОСОБЕННОСТИ РАДИОКАНАЛА ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИЗОРА

Совместимость системы цветного телевидения СЕКАМ с системой черно-белого телевидения, действующей в нашей стране, позволяет использовать в цветных телевизорах ряд схемных решений, аналогичных телевизорам, предназначенным для приема черно-белых изображений. В связи с этим цветной телевизор по своему функциональному построению в бо́льшей части схемы не отличается от черно-белого телевизора и содержит в составе своих схем радиоканал, видеодетектор, канал звукового сопровождения, блоки строчной и кадровой развертки с устройствами синхронизации, а также источниками питания. Кроме того, в состав цветного телевизора дополнительно входят схемы, специфичные для цветного телевизора, а именно: устройство коррекции геометрических искажений растра, блок статического и динамического сведения лучей, регуляторы динамического баланса белого цвета, устройства стабилизации напряжения питания второго анода масочного кинескопа, схема размагничивания кинескопа, яркостный канал и декодирующее устройство с матрицей сигналов.

Основные особенности схем, связанных с получением неискаженного растра и динамического сведения лучей, были рассмотрены ранее. Рассмотрим теперь особенности радиоканала цветного телевизора с точки зрения требований, предъявляемых к нему. Радиоканал цветного телевизора подобен таковому в черно-белых телевизо-

рах. В его состав, как обычно, входят блок переключателя телевизионных каналов (или селектор каналов метровых волн совместно с селектором каналов дециметровых волн), а также усилитель промежуточной частоты сигналов изображения и звукового сопровождения. Цветной телевизор, как и все современные телевизионные приемники, строится по супергетеродинной схеме с совместным каналом усиления сигналов изображения и звука на своих промежуточных частотах 38 и 31,5 МГц.

По сравнению с радиоканалом черно-белого телевизора канал цветного телевизора должен иметь более равномерную сквозную амплитудно-частотную характеристику с полосой пропускания до точки съема цветовых поднесущих по крайней мере не менее 5 МГц. Это условие необходимо для того, чтобы не допустить существенного ослабления сигнала в области верхней боковой полосы спектра поднесущих цветности. В противном случае будет наблюдаться затягивание цветовых переходов между насыщенными цветными участками изображения и уменьшение насыщенности мелких цветных деталей изображения.

Особое внимание следует уделять равномерности амплитудно-частотной характеристики в интервале промежуточных частот примерно от 33,2 до 34,2 МГц, в котором не допустимы резкие провалы или подъемы. В противном случае цветовые переходы на изображении оказываются как бы смазанными в направлении строк. К таким же примерно искажениям приводит чрезмерно крутой склон амплитудно-частотной характеристики со стороны несущей звукового сопровождения, особенно если этот склон слишком удален от несущей звука.

Кроме того, к радиоканалу цветного телевизора предъявляется довольно жесткое требование по линейности его амплитудной характеристики. Считается, что коэффициент нелинейности в УПЧ не должен превосходить 8—12%, при этом качество изображения не должен превосходить 8—12%, при этом качество изображения еще не будет существенно ухудшено. Более цветного изображения еще не будет существенно ухудшено. Более значительные нелинейные искажения обусловливают разнояркость соседних строк изображения, проявляющуюся особенно сильно на желтом и голубом фоне, а также на границах окрашенных участков изображения.

Большое значение для качественной работы цветного телевизора имеет достаточно эффективное подавление в УПЧ несущей сигнала звукового сопровождения 31,5 МГц, что позволяет избавиться от мешающего действия комбинационных помех, возникающих вследствие биений между несущей звукового сопровождения и поднесущими сигналов цветности. Такие помехи, попадая в полосу пропускания каналов цветности декодирующего устройства, могут нарушать нормальную работу системы опознавания и, кроме того, создают мешающее изображение крупноструктурной сетки, накладывающейся на основное изображение.

Для устранения комбинационных помех уровень разностной частоты 6,5 МГц, выделяемый видеодетектором, должен быть подавлен по крайней мере в 50—100 раз. Однако обеспечение столь сильного подавления несущей частоты 31,5 МГц связано с некоторым усложнением усилителя разностной частоты звукового сопровождения. В частности, при этом коэффициент усиления усилителя должен быть соответственно увеличен.

Это неудобство может быть обойдено установкой после видеодетектора режекторного фильтра, настроенного на частоту 6,5 МГц, что позволяет значительно уменьшить уровень режекции частоты 31,5 МГц в УПЧ. Часто в цветных телевизорах применяют два раздельных детектора, один из которых служит для выделения полного видеосигнала, а другой — только для выделения сигнала разностной частоты звукового сопровождения. Такое построение схемы позволяет перед видеодетектором установить дополнительный режекторный фильтр, настроенный на частоту 31,5 МГц, а детектор разностной частоты звука подключить к той части схемы, в которой указанный фильтр не действует.

Радиоканал цветного телевизора обычно снабжается довольно эффективной системой автоматической регулировки усиления, поддерживающей уровень видеосигнала почти неизменным в широком диапазоне изменений уровня входного сигнала. Для цветного телевизора это требование имеет особое значение, так как позволяет обеспечить устойчивую работу устройств синхронизации развертки и системы опознавания при изменениях в широких пределах уровня сигнала на входе телевизора. Кроме того, эффективно действующая автоматическая регулировка усиления позволяет сохранять правильное соотношение между размахами сигналов яркости и цветности при действии различных дестабилизирующих факторов, что особенно важно в случае, если в телевизоре применен регулятор контрастности, совмещенный с регулятором насыщенности. Такое совмещение регулировок удобно тем, что с помощью одной ручки, выводимой на переднюю панель управления телевизором, можно одновременно устанавливать требуемую контрастность изображения и его насыщенность, сохраняя правильное матрицирование и соответствующую этому матрицированию нормальную цветовую насыщенность окрашенных элементов.

ВИДЕОЧАСТОТНЫЕ КАНАЛЫ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИЗОРА

Видеочастотная часть цветного телевизора условно может быть представлена в виде двух отдельных блоков, выполняющих основные функции получения сигналов яркости и сигналов основных цветов. В состав видеочастотной части телевизора входят яркостный канал и декодирующее устройство.

Видеосигнал, выделенный видеодетектором, поступает сначала на вход яркостного канала *ЯК* (рис. 19). Здесь он усиливается до требуемого уровня и подводится к матрице *М* первичных цветовых сигналов. Яркостный канал имеет специальный выход, с которого снимается видеосигнал цветного изображения для использования в декодирующем устройства *ДУ*. На матрицу вместе с яркостным сигналом приходят и два цветоразностных сигнала, полученных в декодирующем устройстве. В результате матрицирования выделяются первичные цветовые сигналы, используемые для модуляции токов лучей цветного кинескопа.

Построение схемы телевизора по методу сигналов основных цветов имеет ряд преимуществ по сравнению с построением схемы по методу цветоразностных сигналов. Эти преимущества наиболее существенны для транзисторных схем, так как позволяют использовать транзисторы выходных видеоусилителей при меньших пиковых значениях коллекторных напряжений и при меньших средних мощностях, рассеиваемых этими транзисторами. При использовании метода цветовых сигналов легче обеспечиваются условия сохранения баланса белого цвета, так как влиянию дестабилизирующих

факторов подвержены, в основном, только катоды кинескопа, связанные с усилительными каскадами, являющимися источниками нестабильности. Немаловажным преимуществом схемы с цветовыми сигналами является возможность более строгого контроля точности матрицирования путем непосредственного наблюдения с помощью осциллографа конечной формы видеосигналов, подводимых к кинескопу.

Рис. 19. Функциональная блок-схема низкочастотных каналов цветного телевизора.

Основным недостатком схем, в которых используется метод первичных цветовых сигналов, следует считать некоторое усложнение декодирующего устройства, обусловленное наличием дополнительных усилительных элементов схемы активной матрицы.

При приеме черно-белой программы декодирующее устройство выключается схемой опознавания, входящей в его состав. В этом случае цветоразностные сигналы на выходе декодирующего устройства отсутствуют и матрица на всех своих трех выходных точках выделяет только сигналы U_Y черно-белого изображения.

По сравнению с видеоусилителем черно-белого телевизора яркостный канал представляет собой устройство, выполняющее более широкий круг задач. Здесь производится усиление яркостного сигнала, а также его задержка во времени, которая необходима для того, чтобы устранить несовпадение во времени сигнала яркости с цветоразностными сигналами, выделенными в демодуляторах декодирующего устройства. Это несовпадение объясняется задержкой во времени цветоразностных сигналов из-за сравнительной узкополосности декодирующего устройства.

При отсутствии временной задержки яркостного сигнала последний поступит на вход кинескопа значительно раньше сигналов цветности. Это приведет к рассовмещению черно-белых границ с границами окрашенных деталей цветного изображения, и окраска изображения окажется по всему экрану сдвинутой вправо относительно черно-белых элементов. На экране кинескопа с диагональю экрана 59 см этот сдвиг оказывается равным примерно 6—8 мм. Понятно, что такой сдвиг нельзя считать допустимым.

Кроме временной задержки сигнала в яркостном канале производится режекция поднесущих частот сигнала цветности с помощью специальных режекторных фильтров. Когда телевизор работает в режиме приема цветных передач, благодаря режекции поднесущих частот устраняется их заметность на экране телевизора и тем самым улучшается субъективное восприятие качества цветного изображения.

В декодирующем устройстве с помощью полосового фильтра *ПФ* (рис. 20) осуществляется подавление низкочастотных составляющих спектра видеосигнала и выделение частотно-модулированной поднесущей сигнала цветности.

Далее поднесущая сигнала цветности проходит через фильтр коррекции высокочастотных предыскажений *ФК*, имеющий колоколообразную форму амплитудно-частотной характеристики. Основное назначение этого фильтра — устранить частотные и фазовые искажения, вызванные цепями высокочастотных предыскажений. Кроме того, корректирующий контур, обладая высокой добротностью, производит значительное ослабление сигнала яркости, составляющие спектра которого попадают в полосу пропускания канала цветности.

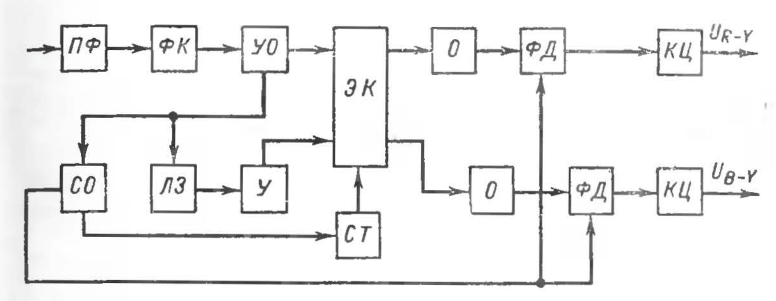


Рис. 20. Функциональная блок-схема декодирующего устройства.

Полосовой фильтр может устанавливаться как перед корректирующим контуром, так и после него. В некоторых моделях цветных телевизоров системы СЕКАМ полосовой фильтр вообще отсутствует и задачу выделения поднесущих частот сигналов цветности выполняет только корректирующий контур, однако наличие полосового фильтра повышает избирательность и несколько улучшает помехозащищенность декодирующего устройства.

После коррекции высокочастотных предыскажений частотно-модулированная поднесущая сигнала цветности усиливается и подвергается двустороннему ограничению по амплитуде в усилителе-ограничителе *УО*, который подавляет амплитудную модуляцию сигнала, подвергнутого высокочастотной коррекции. Эта амплитудная модуляция неполностью устраняется корректирующим контуром из-за того, что амплитудно-частотная характеристика радиоканала в области частот сигнала цветности всегда имеет некоторую небольшую неравномерность, обусловливающую погрешность высокочастотной коррекции сигнала.

Полосовой фильтр, контур коррекции высокочастотных предыскажений и усилитель-ограничитель в совокупности образуют так называемый **прямой канал** декодирующего устройства. Прямой канал связан с электронным коммутатором и **каналом задержки**, в состав которого входят усилитель *У*, а также линия задержки *ЛЗ*, с помощью которой сигнал задерживается на длительность одной строки, т. е. на 64 мкс. Усилить сигнал по амплитуде в канале задержки оказывается необходимым, поскольку при прохождении через линию задержки он существенно ослабляется.

С выходов прямого и задерживающего каналов сигналы поступают на два входа электронного коммутатора *ЭК*. Положением электронного коммутатора управляет симметричный триггер *СТ*, на вход которого подаются импульсы обратного хода строчной развертки, изменяющие его состояние перед началом каждой строки.

Симметричный триггер *СТ* является датчиком коммутирующих импульсов для электронного коммутатора и управляет его положением. В связи с этим на каждый выход коммутатора поочередно прохо-

дят сигналы от прямого канала или от канала задержки. Это приводит к тому, что на один из выходов электронного коммутатора проходит только поднесущая, модулированная сигналом U_{Y-R}, а на другой — только поднесущая, модулированная сигналом U_{B-Y}.

С выходов электронного коммутатора сигналы поступают на частотные демодуляторы, состоящие из ограничителей *О* и фазовых дискриминаторов *ФД*. Здесь производятся повторное ограничение частотно-модулированной поднесущей и ее детектирование.

Комплекс амплитудных ограничителей в каналах декодирующего устройства обеспечивает достаточно высокую степень амплитудного ограничения сигналов, что необходимо для поддержания неизменным уровня демодулированных сигналов в различных условиях приема, а также для повышения помехоустойчивости схемы к шумам и составляющим спектра яркостного сигнала, располагающимся в общей полосе частот со спектром сигнала цветности. Вместе с тем ограничители подавляют паразитную амплитудную модуляцию поднесущей, приводящую к амплитудным искажениям цветоразностных сигналов на выходе демодуляторов.

Форма цветоразностных сигналов U_{R-Y} и U_{B-Y}, выделенных на выходе фазовых дискриминаторов, корректируется с помощью резистивно-емкостной цепи коррекции низкочастотных предыскажений *КЦ*.

Оба канала частотных демодуляторов аналогичны по построению и составу схем. Исключение составляет один из фазовых дискриминаторов, в котором вместе с детектированием производится инверсия полярности цветоразностного сигнала. В результате на выходе дискриминаторов выделяются либо сигналы U_{R-Y} и U_{B-Y}, либо сигналы U_{Y-R} и U_{Y-B}. Иными словами, несмотря на то, что в процессе кодирования использовались сигналы U_{Y-R} и U_{B-Y}, имеющие разную полярность, на выходе дискриминаторов выделяются цветоразностные сигналы одинаковой полярности. Выбор полярности сигналов производится с учетом конкретного последующего построения схемы.

Декодирующее устройство в своем составе имеет схему опознавания и цветовой синхронизации *СО*, которая связана с симметричным триггером *СТ*. В случае неправильной фазы переключения электронного коммутатора схема опознавания и цветовой синхронизации вырабатывает сигнал поправки фазы, который изменяет порядок чередования коммутирующих импульсов симметричного триггера. Вместе с тем схема опознавания формирует сигнал управления состоянием каналов цветности, запирая их, если в составе видеосигнала отсутствуют импульсы опознавания. Здесь мы ограничиваемся весьма кратким рассмотрением одного из возможных вариантов схемы опознавания, в котором на вход схемы опознавания подается частотно-модулированная поднесущая из прямого канала, а выключение каналов цветности при приеме черно-белого изображения производится запиранием каскадов фазовых дискриминаторов.

Выше уже отмечалось, что матрица цветовых сигналов может быть выполнена двумя способами, а именно либо по методу сигналов основных цветов U_R, U_G и U_B на ее выходе, либо по методу цветоразностных сигналов U_{R-Y}, U_{G-Y} и U_{B-Y}, когда окончательное матрицирование сигналов осуществляется в кинескопе. В последнем случае на три катода масочного кинескопа подается сигнал яркости $-U_Y$, снимаемый с выходного каскада яркостного канала, а на модуляторы — цветоразностные сигналы U_{R-Y}, U_{G-Y} и U_{B-Y}. При этом сигнал U_{G-Y} получают в матрице *М* (рис. 21) из сигналов U_{R-Y} и U_{B-Y}.

При приеме черно-белой передачи в цветном телевизоре, схема матрицы которого построена по методу цветоразностных сигналов, канал цветности выключается схемой опознавания и цветоразностные сигналы на модуляторах кинескопа отсутствуют. Кинескоп в этом случае работает только от яркостного сигнала, действующего на катодах, чем и обеспечивается воспроизведение черно-белого изображения.

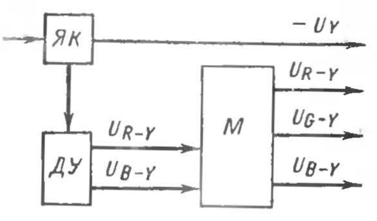


Рис. 21. Функциональная блок-схема низкочастотных каналов телевизора, работающего по системе с цветоразностными сигналами.

При приеме цветного изображения на соответствующие модуляторы кинескопа поступают цветоразностные сигналы и яркость свечения экрана в каждом цвете в какой-либо момент времени определяется суммарным действием мгновенных значений яркостного и цветоразностного сигналов, подведенных к кинескопу. Принимая во внимание инверсионную способность катода электронно-лучевой трубки, выражающуюся в том, что яркость увеличивается при уменьшении потенциала катода, суммарное действие яркостного и цветоразностного сигналов на катоде и модуляторе, например красной пушки, можно выразить следующим образом:

$$U_{R-Y}-(-U_Y)=U_R-U_Y+U_Y=U_R.$$

Последнее выражение показывает, что в результате действия обоих сигналов U_{R-Y} и $-U_Y$ на экране кинескопа воспроизведется изображение, соответствующее сигналу U_R на модуляторе или соответствующее сигналу $-U_R$ на катоде. Аналогичным образом на экране кинескопа воспроизводятся цветоделенные изображения, соответствующие сигналам U_G и U_B.

Глава третья

ЯРКОСТНЫЙ КАНАЛ

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЯРКОСТНОМУ КАНАЛУ

Яркостный канал предназначен для усиления видеосигнала после видеодетектора до уровня, требуемого для модуляции токов лучей масочного кинескопа. В своем составе яркостный канал содержит линию задержки, с помощью которой выходной сигнал задерживается во времени, а также режекторный фильтр, обеспечивающий ослабление амплитуды модулированной поднесущей сигнала цветности, что уменьшает ее мешающее действие при приеме цветного изображения.

Для качественного воспроизведения цветного изображения постоянная составляющая сигнала яркости должна почти без потерь передаваться в яркостном канале или должна быть восстановлена на его выходе. Поэтому яркостный канал выполняется либо по схе-

ме усилителя постоянного тока, либо с восстановлением постоянной составляющей.

Известно, что потеря постоянной составляющей приводит к искажениям яркости изображения вследствие исключения из состава сигнала информации о его средней яркости. В цветном телевизоре потеря постоянной составляющей при приеме цветного изображения крайне нежелательна еще и потому, что при этом по всему полю экрана искажается цветовая насыщенность, правильное воспроизведение которой требует довольно точного поддержания требуемого уровня яркости.

Причиной искажения средней яркости телевизионного изображения при полной или частичной потере постоянной составляющей в видеосигнале является смещение переменной составляющей сигнала относительно прежнего исходного уровня его постоянной составляющей. В результате уровень черного, который должен соответствовать потенциалу запирания кинескопа, принимает значения, зависящие от формы видеосигнала, т. е. от содержания изображения. При этом темные кадры изображения делаются более светлыми, а светлые — более темными. На цветном изображении недостаток яркости по всему полю экрана в отдельных кадрах воспринимается как сгущение красок. Избыток же яркости, наоборот, обедняет окраску изображения. И в том и в другом случае искажается насыщенность и цветное изображение делается менее естественным.

Точность передачи или восстановления постоянной составляющей в канале яркости принято оценивать величиной относительного сдвига уровня черного после замены испытательного сигнала черного поля, подводимого ко входу, сигналом белого. Измеренное с помощью осциллографа напряжение сдвига делится на размах сигнала белого поля, отсчитываемый от его уровня черного. Это измерение производится при номинальном размахе видеосигнала на выходе яркостного канала. В промышленных образцах цветных телевизоров смещение уровня черного обычно не превышает значений 0,10—0,15.

Амплитудно-частотная характеристика яркостного канала должна быть достаточно линейной во всем диапазоне видеочастот от самых низких до самых высоких. Однако в случае приема цветных передач область частот в районе расположения сигналов цветности обычно значительно ослабляется для того, чтобы уменьшить заметность на цветном изображении помех, создаваемых поднесущей сигнала цветности.

Двухконтурный фильтр режекции этих частот, устанавливаемый в видеоусилителе яркостного канала промышленных цветных телевизоров, настраивается на частоты 4,0 и 4,7 МГц. Относительный коэффициент передачи усилителя в этих точках должен достигать значений 0,2—0,3 по отношению к коэффициенту передачи на частоте 1,0 МГц, принятому за единицу. При этом частотно-избирательные свойства режекторного фильтра должны быть выбраны таким образом, чтобы полоса режекции на уровне 0,7 ограничивалась частотами примерно от 3,5 до 5,0 МГц.

Режекция полосы частот в яркостном канале дает ощутимую потерю четкости цветного изображения. Чтобы несколько сгладить эффект потери четкости, высокочастотная область амплитудно-частотной характеристики цветных телевизоров высокого класса делается довольно широкой. Верхняя граница частотной характеристики

яркостного канала у этих телевизоров на уровне 0,7 достигает частоты 5,8 МГц. В телевизорах невысокого класса полоса пропускания лимитируется обычными требованиями к черно-белым телевизорам.

Чтобы не снижать четкости изображения при приеме черно-белых программ, цветные телевизоры снабжаются выключателем, позволяющим при желании выключить режекторный фильтр в яркостном канале. В телевизорах высокого класса режекторные фильтры включаются и выключаются автоматически электронными способами.

На входе яркостного канала непосредственно после видеодетектора часто устанавливается режекторный контур, настроенный на частоту 6,5 МГц, предназначенный для ослабления разностной частоты сигнала звукового сопровождения. Этот контур должен иметь высокую добротность и не давать существенных амплитудно-частотных искажений в области верхней границы видеочастот.

В отличие от видеоусилителя современного черно-белого телевизора, содержащего обычно всего один усилительный каскад, яркостный канал цветного телевизора состоит из нескольких каскадов, что объясняется бо́льшим числом функций, выполняемых яркостным каналом. К числу таких функций, кроме уже упомянутых, следует отнести необходимость задержки во времени яркостного сигнала при условии хорошего согласования волнового сопротивления линии задержки с цепями усилительных каскадов, что является одним из важных условий качественной работы яркостного канала.

Амплитудная характеристика яркостного канала должна быть достаточно линейной. Допустимый коэффициент нелинейности не должен превосходить 8—12%, что достигается применением отрицательных обратных связей, охватывающих отдельные каскады и особенно каскады с высоким уровнем сигналов. Требование высокой линейности амплитудной характеристики яркостного канала диктуется необходимостью предотвратить разнояркость соседних строк изображения, которая получается вследствие неодинаковых нелинейных искажений сигналов поднесущих, имеющих различные размахи в соседних строках.

Сигнал поднесущей частоты, пройдя нелинейный участок амплитудной характеристики канала, вследствие нелинейного преобразования приобретает постоянную и гармонические составляющие. При этом все гармоники выше первой сильно ослабляются, так как они не попадают в полосу пропускания канала, а постоянная составляющая остается. Накладываясь на уровень яркостного сигнала, постоянная составляющая изменяет его, т. е. вызывает искажение этого уровня. Поскольку амплитуды сигналов поднесущих частот в соседних строках в момент прохождения нелинейного участка характеристики могут сильно различаться, то и значения выделенных постоянных составляющих получаются различными. Неодинаковое смещение уровней яркостных составляющих сигнала в соседних строках делает соседние строки изображения заметно различающимися по яркости. Особенно разнояркость соседних строк заметна на желтых и голубых участках изображения, а также на цветовых переходах, т. е. на тех участках, которым соответствуют сигналы, больше подверженные нелинейным искажениям и для которых размахи поднесущих в соседних строках сильно различаются. Выходной каскад яркостного канала в телевизоре, построенном

по методу цветоразностных сигналов, должен обладать достаточно высокой выходной мощностью, что объясняется, с одной стороны, требованием получения достаточного размаха видеосигнала, подводимого к трем катодам масочного кинескопа, с другой стороны, — сравнительно небольшим сопротивлением нагрузки, требуемым для обеспечения широкополосности каскада при наличии довольно большой паразитной емкости, которая шунтирует выход. Получение требуемого размаха видеосигнала при работе на линейном участке амплитудной характеристики лампы или транзистора с небольшим сопротивлением нагрузки в аноде или коллектора возможно только при сравнительно большом напряжении и токе от источника питания. Для нормальной модуляции тока лучей масочных кинескопов обычно требуется размах модулирующего напряжения порядка 50—100 В для кинескопов с большим размером экрана и 40—60 В для кинескопов с малым размером экрана.

В телевизоре, построенном по методу сигналов основных цветов, яркостный канал должен давать размах сигнала яркости порядка всего нескольких вольт, так как матрицирование сигналов выгодно производить при небольших уровнях сигналов яркости и цветности. Поэтому основное усиление сигналов здесь производится после образования первичных цветовых сигналов тремя отдельными широкополосными выходными каскадами. Существенным для выходных каскадов является требование к стабильности их режима при изменении окружающей температуры и во времени, что обеспечивает стабильность баланса белого цвета на экране кинескопа.

СОГЛАСОВАНИЕ ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ

Временна́я задержка видеосигнала в яркостном канале осуществляется с помощью линии задержки или с помощью отрезка кабеля задержки. Линия задержки выполняется путем намотки на диэлектрический каркас с частично или полностью металлизированной внешней поверхностью цилиндрической однослойной катушки. Распределенная емкость линии задержки образуется емкостью между металлизированным слоем каркаса и каждым витком провода катушки. Металлизированные участки каркаса электрически соединены друг с другом и образуют общий для входа и выхода линии провод, заземляемый в схеме. Начало и конец катушки являются соответственно входом и выходом линии.

Кабель задержки устроен аналогично. Цилиндрическая катушка намотана в нем тонким проводом на гибком диэлектрическом цилиндре. Распределенная емкость в кабеле образуется внешней экранирующей оплеткой, в которую заключена обмотка по всей длине кабеля. Между обмоткой и внешним экраном проложен тонкий слой изолирующего материала.

Применение специальной линии задержки в яркостном канале предпочтительнее применения отрезков кабеля задержки, так как последние имеют несколько худшие параметры и неудобны из-за их больших размеров. Однако кабели задержки некоторых марок (например, кабель РС-1600-7-11, имеющий волновое сопротивление 1600 Ом и время задержки 2 мкс на 1 м длины кабеля) могут быть применены.

В промышленных телевизорах в настоящее время преимущественно применяется линия задержки типа ЛЗЦТ-1500/0,7, время задержки которой равно 0,7 мкс, а волновое сопротивление составляет 1500 Ом. Эта линия имеет полосу пропускания до 6 МГц и обладает коэффициентом затухания 0,7—0,8.

Как уже отмечалось, являясь элементом схемы яркостного канала, линия задержки должна быть согласована с цепями усилительных каскадов, т. е. в схеме должны быть приняты меры к тому, чтобы выходное сопротивление источника сигнала для переменного тока было бы равно волновому сопротивлению линии задержки, а также чтобы выход линии задержки был нагружен на сопротивление, равное ее волновому сопротивлению. Невыполнение этого условия неизбежно приводит к слишком большой неравномерности амплитудно-частотной характеристики, имеющей в этом случае волнообразный характер, при котором в пределах общей полосы частот имеются чередующиеся подъемы и спады характеристики, увеличивающиеся по мере возрастания частоты. Это приводит к искажениям яркостного сигнала, в результате которых нормальное воспроизведение изображения нарушается.

При построении схемы яркостного канала должны быть учтены свойства усилительных каскадов, к которым подключается линия задержки, чтобы обеспечивались условия ее согласования. Сопротивление нагрузки линии задержки и выходное сопротивление источника сигнала, к которому подключен вход линии, должны быть равны волновому сопротивлению линии и иметь активный характер. Выполнение этого условия зависит не только от свойств применяемых схем и усилительных элементов, но также и от того, насколько рационально выполнен электрический монтаж схемы. Паразитные монтажные емкости на входе и выходе линии должны быть сведены к минимальным. Минимальной должна быть также емкость между частью схемы усилителя, предшествующей линии задержки, и последующей частью схемы.

Получение достаточно малой емкости на выходе линии задержки затруднительно, так как в основном эта емкость определяется входной динамической емкостью усилительного каскада. В этом случае на выходе линии задержки последовательно с согласующим активным сопротивлением, величина которого выбирается равной волновому сопротивлению линии, включается индуктивность, компенсирующая паразитную емкостную составляющую выходного сопротивления в высокочастотной части спектра сигнала.

Эта компенсация получается, когда установленная индуктивность образует с паразитной емкостью колебательный контур, настроенный на частоту 5—6 МГц. На частоте резонанса и в полосе частот около резонансной частоты, если добротность контура невысока, полное сопротивление, нагружающее линию, делается почти активным. Чтобы добротность колебательного контура была небольшой, корректирующую индуктивность шунтируют резистором.

На рис. 22, *а* приведена схема, в которой линия задержки *ЛЗ* включена на выходе эмиттерного повторителя. Поскольку выходное сопротивление этого каскада получается очень малым — порядка нескольких десятков ом, необходимо между эмиттером и входом линии задержки установить согласующий резистор R'_c, сопротивление которого должно быть равно волновому сопротивлению линии. При этом общее сопротивление, подключенное ко входу линии, определяемое суммой выходного сопротивления каскада и согласующего сопротивления, будет равно волновому сопротивлению линии. Согласующее сопротивление R''_c, которое устанавливается на выхо-

де линии задержки, должно выбираться с учетом входного сопротивления транзистора T_2, базовая цепь которого соединена с выходом линии. Согласующее сопротивление можно определить по следующей формуле:

$R''_c = R_{вх} W/(R_{вх} - W)$, где $R_{вх}$ — входное сопротивление каскада; W — волновое сопротивление линии задержки.

В схеме на рис. 22, *а* нагрузкой линии задержки являются сопротивление R''_c и входная цепь эмиттерного повторителя, обладающего довольно большим входным сопротивлением. У высокочас-

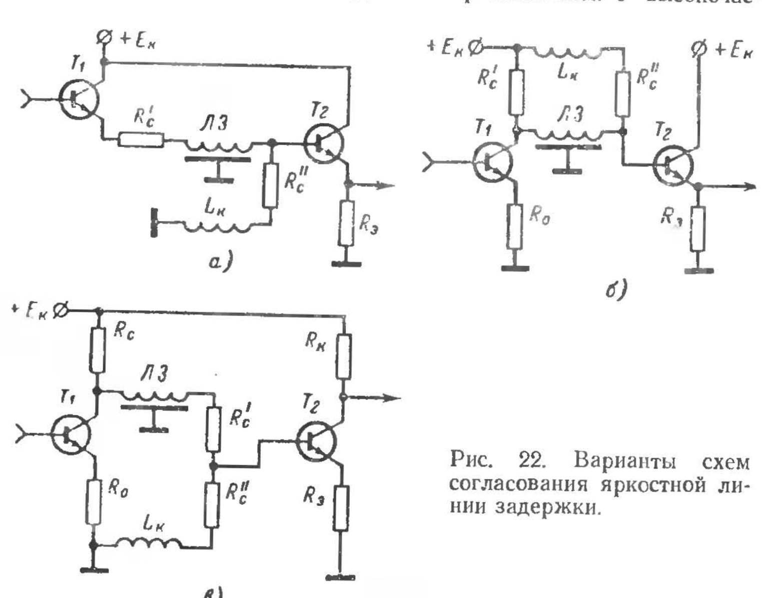


Рис. 22. Варианты схем согласования яркостной линии задержки.

тотных транзисторов это сопротивление получается настолько большим, что его можно не учитывать в практических расчетах. Следовательно, требуемое сопротивление R''_c должно быть равно в данном случае волновому сопротивлению линии.

Схема, представленная на рис. 22, *а*, позволяет получить очень хорошее согласование линии задержки. В этой схеме имеет место минимальная емкость на входе линии, а небольшая емкостная составляющая на ее выходе без труда может быть при необходимости скомпенсирована индуктивностью $L_к$. Однако такой компенсации может и не потребоваться, так как эмиттерный повторитель, выполненный с применением достаточно высокочастотного транзистора, в силу действия в каскаде большой отрицательной обратной связи обладает довольно малой входной емкостью.

Недостатком рассматриваемой схемы можно считать малый коэффициент передачи сигнала от входа до выхода, что объясняет-

ся отсутствием усиления по напряжению в обоих каскадах, а также тем, что половина напряжения сигнала теряется на согласующем резисторе R'_c. Учитывая коэффициент передачи линии задержки, нетрудно подсчитать, что реально достижимый коэффициент передачи от входа до выхода в этой схеме не может превышать величины 0,3—0,4.

На рис. 22, *б* приведена другая схема согласования линии задержки, в которой первый каскад может быть выполнен по схеме с заземленным эмиттером или по схеме с заземленной базой. Первый каскад здесь работает в режиме усилителя напряжения, нагрузкой которого является параллельное соединение двух согласующих резисторов R'_c и R''_c. Выходное сопротивление каскада, включенного по схеме с общей базой или общим эмиттером, определяется в основном величиной сопротивления R'_c. Пренебрегая реакцией входного сопротивления транзистора T_2, включенного по схеме эмиттерного повторителя, находим, что для удовлетворения условий согласования линии задержки сопротивления резисторов R'_c и R''_c должны быть равными волновому сопротивлению линии.

Схема, изображенная на рис. 22, *в*, отличается от предыдущей тем, что в ней оба транзисторных каскада используются как усилители напряжения. Чтобы ослабить влияние на линию задержки сравнительно большой емкости входного сопротивления транзистора T_2, база этого транзистора подключена к линии задержки через резистор R'_c. Согласующее сопротивление, равное волновому, составлено из двух последовательно включенных резисторов R'_c и R''_c. Входная емкость транзистора подключена ко входу линии через резистор и эффективно компенсируется индуктивностью $L_к$. Это позволяет получить значительно бóльший общий коэффициент усиления, чем в предыдущей схеме.

Приведенные схемы относятся к случаю, когда усилительные каскады имеют между собой потенциальную (кондуктивную) связь, т. е. представляют собой усилители постоянного тока, не требующие восстановления постоянной составляющей видеосигнала. Если же яркостный канал строится по схеме с восстановлением постоянной составляющей, то необходимо при этом учитывать влияние резисторов смещения в базовой цепи усилителя T_2, т. е. величина резистора R''_c должна быть увеличена с тем, чтобы полное эквивалентное сопротивление цепи, подключенной к выходному выводу линии задержки, оставалось равным волновому сопротивлению этой линии.

Общие принципы согласования линии задержки рассмотрены здесь на примерах транзисторных схем и остаются справедливыми также и для ламповых каскадов.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

В усилителях постоянного тока выход каждого усилительного каскада соединен со входом следующего каскада через резисторы или непосредственно. При такой связи режим по постоянному току последующих каскадов определяется режимом предшествующих каскадов. Это создает определенные трудности

в выборе для каждого каскада оптимальных условий использования динамической характеристики, которые обычно преодолевают применением потенциометрических делителей в межкаскадных связях, требующих дополнительных источников питания.

Эти трудности усугубляются необходимостью устранения нестабильности режима, возникающей вследствие дрейфа рабочей точки, присущего усилителям постоянного тока. Все это приводит к существенному усложнению схемы, чем можно объяснить сравнительно редкое применение в яркостном канале усилителей постоянного тока.

Более просты и надежны в работе схемы с потерей постоянной составляющей и с последующим ее восстановлением. Восстановление постоянной составляющей производится с помощью так называемых фиксирующих схем, осуществляющих привязку определенных уровней видеосигнала к выбранному потенциалу.

Потеря постоянной составляющей в видеосигнале обусловлена наличием в усилителе разделительных конденсаторов, используемых в качестве элементов межкаскадной связи. Разделительный конденсатор как элемент связи между каскадами удобен тем, что позволяет оптимальным образом выбрать режим работы каскада по постоянному току независимо от режима работы предшествующего каскада. При этом напряжение смещения на управляющем электроде усилительного каскада легко установить таким, чтобы рабочая точка на выходной динамической характеристике транзистора или лампы располагалась в середине ее линейного участка.

Однако конденсатор, стоящий на пути видеосигнала, не пропускает постоянную составляющую, видоизменяя форму сигнала и смещая его уровни, которые для правильного воспроизведения изображения должны быть неизменными. Так, например, уровень черного, при котором кинескоп должен быть заперт, смещается в сторону уровня белого и экран оказывается засвеченным. В процессе телевизионной передачи содержание постоянной составляющей в видеосигнале изменяется. Это вызывает смещение уровня черного относительно потенциала, соответствующего потенциалу запирания кинескопа.

Сущность восстановления постоянной составляющей в видеосигнале состоит в том, чтобы зафиксировать уровень черного, т. е. не дать ему возможности произвольного перемещения. Эта задача выполняется с помощью простых электронных ключей, в качестве которых используются электровакуумные или полупроводниковые диоды. Диодные схемы как бы привязывают уровень черного или уровень, соответствующий плоской части синхроимпульсов, к постоянному потенциалу, выбираемому произвольно. Поэтому фиксирующие схемы часто называют схемами привязки, а процесс восстановления постоянной составляющей — привязкой уровней.

На рис. 23, *а* приведена простейшая схема восстановления постоянной составляющей, в которой производится привязка вершин строчных синхроимпульсов к нулевому потенциалу. К конденсатору *C* подводится видеосигнал положительной полярности, синхроимпульсы в котором располагаются ниже уровня черного, т. е. имеют отрицательную полярность. При любой форме видеосигнала, зависящей от содержания изображения, установившийся процесс в схеме будет протекать так, что в момент прихода каждого очередного синхроимпульса диод *Д* отпирается, а конденсатор *C* заряжается через диод так, что его правая (на схеме) обкладка приоб-

ретает положительный потенциал, равный по абсолютной величине полному размаху видеосигнала.

Благодаря этому потенциалу диод будет заперт все время, кроме момента прихода очередного синхроимпульса. За время активной части строчного интервала конденсатор несколько разряжается через резистор *R*. В момент прихода очередного синхроимпульса

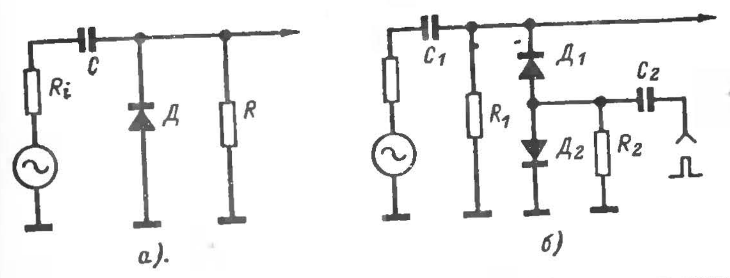


Рис. 23. Неуправляемая фиксирующая схема (*а*) и управляемая несимметричная схема фиксации (*б*).

уровень его плоской части оказывается ниже потенциала земли, при этом вновь отпирается диод и подзаряжается конденсатор. Этот процесс повторяется все время, в результате чего вершины синхроимпульсов совмещаются с нулевым потенциалом, к которому осуществляется привязка, если прямое сопротивление открытого диода не велико и на нем не происходит значительного падения напряжения в момент действия синхроимпульса.

Рассматриваемая схема привязки обеспечивает фиксацию вершин синхроимпульсов на нулевом уровне. Однако в реальных схемах этот уровень должен выбираться в каждом конкретном случае. В общем, если привязка осуществляется по вершинам синхроимпульсов, уровень привязки должен находиться ниже уровня, соответствующего запиранию кинескопа, на 0,4 от размаха сигнала между уровнями «белого» и «черного», так как размах синхроимпульсов составляет в стандартном сигнале около 40% от размаха сигнала между уровнями «белого» и «черного». Чтобы в рассматриваемой схеме осуществить привязку к другому требуемому уровню, достаточно заземленные концы диода *Д* и резистора *R* подсоединить не к земле, а к источнику постоянного напряжения, потенциал которого должен быть равен требуемому потенциалу привязки. При этом полное внутреннее сопротивление источника постоянного напряжения должно быть достаточно малым по сравнению с внутренним сопротивлением источника сигнала R_i.

Основным недостатком рассматриваемой схемы считают инерционность процессов привязки при быстрых сменах сюжета изображения. Эта инерционность обусловливается некоторым временем, необходимым для восстановления процесса привязки после скачкообразного изменения формы видеосигнала. Если, например, некоторое время передавался сигнал светлой сцены, а затем начал передаваться сигнал темной сцены, то изменившаяся средняя составляющая сигнала на выходе конденсатора *C* отбрасывает уровень вершин синхроимпульсов в область более высоких потенциалов.

При этом на некоторое время, пока конденсатор C перезаряжается, привязка нарушается.

Требование быстрого восстановления процесса привязки сопряжено с уменьшением постоянной времени разряда конденсатора $\tau_{раз}=RC$, но при этом увеличиваются переходные искажения сигнала в области малых времен (в частности, выражающиеся в перекосе плоских частей импульсов большой длительности), что приводит к искажению яркости изображения вдоль строки и к появлению «тянучек».

Постоянную времени заряда конденсатора, которая определяется как $\tau_{зар}=R_iC$, стремятся сделать обычно не слишком большой, чтобы заряд конденсатора успевал пополняться в течение времени действия каждого строчного синхроимпульса. Это условие обеспечивает частичное устранение низкочастотных помех в виде фона переменного тока, а также эффективное исправление переходных искажений в сигнале, связанных с ослаблением самых низкочастотных его составляющих разделительными конденсаторами в усилителе.

Как видно из предыдущего, состоянием диода в рассматриваемой схеме управляет сам видеосигнал и для изменения состояния диода не нужно каких-либо дополнительных сигналов, необходимых для других фиксирующих схем. Поэтому эту схему называют неуправляемой фиксирующей цепью или неуправляемой привязкой. Неуправляемая привязка очень проста и достаточно надежна. Поэтому она широко применяется во многих современных телевизорах.

Более качественное восстановление постоянной составляющей обеспечивают управляемые фиксирующие схемы, позволяющие осуществить привязку не только по уровню синхроимпульсов, но и по уровню строчного гасящего импульса. Рассмотрим наиболее распространенную в настоящее время несимметричную схему управляемой привязки, применяемую в цветных телевизорах.

В этой схеме (рис. 23, *б*) используются два диода, выполняющие функцию управляемого ключа, соединяющего в нужные моменты времени конденсатор C_1 с точкой нулевого потенциала.

Состоянием диодов $Д_1$ и $Д_2$ управляет положительный импульс, подводимый к схеме, например, от амплитудного селектора. В момент прихода управляющего импульса оба диода отпираются и конденсатор C_1 соединяется с точкой нулевого потенциала.

В интервалы времени между управляющими импульсами диоды оказываются закрытыми напряжением, возникающим на конденсаторе C_2 вследствие его заряда импульсным током через диоды.

В результате, если строчный синхроимпульс видеосигнала совпадает во времени с управляющим импульсом, плоская часть синхроимпульса в каждой строке видеосигнала совмещается с нулевым потенциалом, т. е. происходит привязка уровня иерхушек синхроимпульсов к нулевому потенциалу.

За время активной части строки конденсатор C_2 разряжается через резистор R_2, благодаря чему в момент поступления очередного управляющего импульса величина мгновенного напряжения, приложенного к диодам, оказывается несколько выше нулевого потенциала, что создает условие для отпирания диодов и протекания тока через них. При этом конденсатор C_2 пополняет свой заряд.

В рассматриваемой схеме постоянная времени разряда конденсатора C_1 через резистор R_1 может быть выбрана достаточно большой с тем, чтобы не возникал перекос видеосигнала. При этом

процесс установления привязки после скачкообразного изменения формы видеосигнала завершается очень быстро, так как состояние диодов практически не зависит от формы видеосигналов и определяется внешним импульсным напряжением.

Для нормальной работы схемы управляемой привязки необходимо, чтобы за время строчного интервала конденсатор C_2 не успевал значительно разряжаться, т. е. постоянная времени цепочки $\tau_{раз}=C_2R_2$ должна быть выбрана достаточно большой. Вместе с тем необходимо, чтобы размах импульса, подводимого к схеме от амплитудного селектора, значительно превосходил размах видеосигнала.

Приведенная на рис. 23, *б* схема управляемой привязки верхушек синхроимпульсов к нулевому потенциалу может быть использована и для привязки этих импульсов к любому необходимому потенциалу, если заземленные выводы резистора R_1, диода $Д_2$ и резистора R_2 отсоединить от земли и подключить к источнику постоянного напряжения, потенциал которого равен требуемому потенциалу привязки. Больше того, потенциалом привязки можно управлять при желании с помощью регулируемого потенциометра, устанавливая точно требуемую яркость изображения. Этот потенциометр в данном случае может служить эффективным регулятором яркости.

Как уже отмечалось, схема управляемой привязки способна фиксировать на требуемом потенциале уровень гасящих импульсов, для чего необходимо вместо строчного синхроимпульса подвести к конденсатору C_2 импульс, совпадающий во времени с задней площадкой строчного гасящего импульса, т. е. заставить диод $Д_2$ отпираться во время прохождения этой задней площадки. Этот способ восстановления постоянной составляющей более совершенен, поскольку в данном случае происходит более точное восстановление постоянной составляющей, так как уровень гасящих импульсов иидеосигнала почти совпадает с уровнем черного.

Привязка уровня черного имеет ту особенность, что делает работу схемы восстановления постоянной составляющей, не зависящей от размаха видеосигнала и от размаха синхроимпульсов в нем. При любом положении регулятора контрастности, предшествующего обычно в яркостном канале схеме фиксации уровня, уровень черного всегда остается неизменным. В этом случае регулятор яркости нужен только как вспомогательный орган регулировки, так как при изменении контрастности одновременно устанавливается требуемая яркость.

Чтобы схема, изображенная на рис. 23, *б*, фиксировала видеосигнал на уровне строчных гасящих импульсов, необходимо сформировать специальный управляющий импульс длительностью 3—4 мкс, сдвинутый во времени на 5—6 мкс относительно строчного синхроимпульса. Длительность сформированного импульса должна быть меньше длительности задней площадки строчного гасящего импульса с тем, чтобы фиксация видеосигнала происходила строго в пределах этой площадки. Для формирования управляющего импульса может быть применен, например, ждущий мультивибратор, запускаемый задним фронтом синхроимпульса. После указанного формирования полезно пропустить сформированный импульс через резистивно-емкостную цепь с тем, чтобы несколько увеличить время нарастания его фронта. Эта мера позволяет осуществить небольшой дополнительный сдвиг управляющего импульса на 1—1,5 мкс

относительно исходного синхроимпульса, что делает работу схемы привязки более устойчивой.

Другой, более простой способ формирования управляющего импульса заключается в преобразовании строчного синхроимпульса с помощью резистивно-емкостных цепей. Сначала строчной синхроимпульс отрицательной полярности (рис. 24, *а*) подвергают дифференцированию (рис. 24, *б*), затем с помощью одностороннего ограничителя срезают отрицательный выброс продифференцированного импульса, потом полученный положительный выброс (рис. 24, *в*) пропускают через интегрирующую цепочку с небольшой постоянной времени. В результате получают положительный импульс с несколькими пологими фронтами, вполне пригодный для использования в схеме управляемой привязки по уровню гасящих импульсов, если выходное сопротивление формирователя не слишком велико и импульс имеет достаточный размах (рис. 24, *г*).

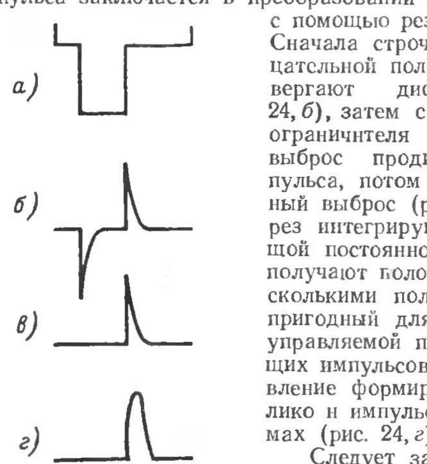


Рис. 24. Формирование управляющего импульса для схемы фиксации уровня гасящих импульсов.

Следует заметить, что рассмотренные здесь способы восстановления постоянной составляющей далеко не исчерпывают всех возможностей. Известны, например, двухдиодные и четырехдиодные симметричные схемы, требующие для своей работы наличия двух разнополярных управляющих импульсов. Эти схемы обеспечивают более качественную привязку, но из-за их сравнительной сложности редко применяются в телевизорах.

РЕЖЕКЦИЯ ПОДНЕСУЩИХ

Требования к ширине полосы и степени режекции в яркостном канале диктуются необходимостью сделать менее заметными помехи от поднесущих на экране телевизора при приеме цветного изображения. Эти помехи особенно интенсивны на насыщенных элементах изображения и на границах цветовых переходов. Они просматриваются в виде чередующихся вдоль строк мелких светлых и темных участков, которые благодаря упорядоченной структуре поднесущих интерферируют между собой, создавая своеобразные муары, видимые даже при нормальных расстояниях наблюдателя от экрана телевизора. Особенно сильно помехи от поднесущих частот заметны на границах насыщенных цветовых участков, где они усугубляются разнояркостью строчной структуры, обусловленной нелинейностью амплитудной характеристики канала и нелинейностью модуляционной характеристики приемной трубки.

При наличии эффективно действующих режекторных фильтров цветное изображение воспринимается как более «мягкое» — без видимых помех от поднесущей частоты и без разнояркости строк. Однако режекторные фильтры уменьшают полосу частот яркостного канала, ограничивая четкость воспроизводимого изображения по вертикальному клину. При этом полоса пропускания яркостного канала по существу сужается до 3,25—3,50 МГц.

В связи с этим к выбору полосы и глубины режекции следует подходить с осторожностью. Например, в случае применения кинескопа с малым размером экрана и ограниченной до 350—400 линий разрешающей способностью глубина режекции может быть выбрана сравнительно небольшой, поскольку помехи от поднесущих на экране малого размера менее заметны.

Наиболее простой способ режекции поднесущих частот сигнала цветности в яркостном канале заключается в применении одиночного колебательного контура, настроенного на среднюю частоту спектра поднесущих, которая равна примерно 4,3 МГц. Такой контур можно включать в схему как заградительный или шунтирующий. Контур можно включить также в цепь отрицательной обратной связи, охватывающей какой-либо усилительный каскад. Однако одиночный колебательный контур не обеспечивает достаточно хорошей избирательности на краях полосы режектируемых частот, в связи с чем общая полоса пропускания яркостного канала получается более узкой, чем в случае применения более сложных режекторных фильтров.

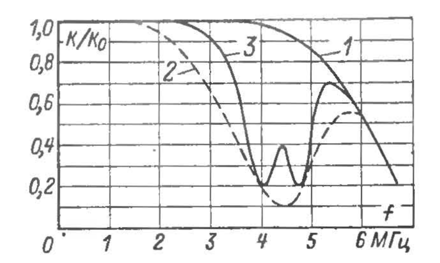


Рис. 25. Частотные характеристики яркостного канала.

1 — без режекции поднесущих; *2* — с одноконтурным режекторным фильтром; *3* — с полосовым режекторным фильтром.

Способ режекции поднесущих с помощью одиночного режекторного контура все же имеет смысл применять, особенно в телевизорах с размером экрана по диагонали до 40 см, в которых помехи от поднесущих меньше заметны из-за малых размеров изображения, а также вследствие того, что разрешающая способность цветных кинескопов малого размера обычно ограничена и составляет всего 350—400 линий.

Значительно лучшие результаты дает полосовой режекторный фильтр, составленный из двух независимых колебательных контуров или представляющий собой связанную систему. Амплитудно-частотная характеристика яркостного канала (рис. 25) при наличии полосового режекторного фильтра обычно имеет две явно выраженные режекторные точки, размещенные таким образом, чтобы ослабить довольно широкую область частот, почти не затрагивая обла-

стей частотной характеристики, непосредственно прилегающих к области режекции. Так, эффективные двухконтурные режекторные фильтры, обеспечивая пятикратное подавление на частотах 4,0 и 4,7 МГц, ослабляют частоты 3,5 и 5,2 МГц всего на 30—50%. При этом средняя частота 4,3 МГц, располагающаяся между двумя режекторными точками на оси частот, оказывается тоже ослабленной и не превосходит уровня 0,5—0,7 от уровня, соответствующего частоте 1 МГц.

Следует заметить, что режекция поднесущей частоты в яркостном канале служит не только для того, чтобы уменьшить заметность помех от этой поднесущей, но также и для того, чтобы уменьшить разнояркость строчной структуры цветного изображения. Это, второе, назначение режекторных фильтров является пожалуй даже более важным, поскольку разнояркость строк изображения — более неприятный вид помехи, сильно портящий общее впечатление от цветной телевизионной передачи. Последнее обстоятельство приводит к необходимости устанавливать режекторные фильтры даже в телевизорах с низкой разрешающей способностью цветного кинескопа, в котором не воспроизводятся мелкоструктурные помехи от поднесущей.

В цветных телевизорах с малыми экранами и невысокой разрешающей способностью кинескопа нет необходимости выключать режекторный фильтр (если таковой имеется) при приеме черно-белого изображения. В таких телевизорах полоса пропускания яркостного канала сама по себе делается не широкой, а режекторный контур обеспечивает формирование более крутого склона частотной характеристики в области высших частот.

Более дорогие телевизоры обычно снабжаются устройствами, позволяющими при желании выключать режекторный фильтр вручную с помощью специальной кнопки или тумблера. При этом одновременно происходит принудительное выключение канала цветности, что позволяет использовать эту кнопку в процессе наладки телевизора при проверке качества динамического баланса и точности настройки частотных детекторов декодирующего устройства.

В телевизорах высокого класса режекторный фильтр автоматически включается при приеме цветного изображения и выключается при приеме черно-белых программ. Это достигается тем, что электронное устройство выключения режекторного фильтра связывается со схемой опознавания декодирующего устройства. Благодаря этой связи режекторный фильтр в яркостном канале оказывается включенным только в том случае, если включены каналы цветности, когда телевизор работает в режиме приема цветной передачи.

ПРАКТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

На рис. 26 представлена лампово-транзисторная схема яркостного канала, предназначенная для цветного телевизора с размером экрана по диагонали 59 см и более. Схема содержит четыре усилительных каскада, первые три из которых транзисторные, а последний — выходной выполнен на лампе. В выходном каскаде применяется лампа типа 6Ж52П — высокочастотный пентод средней мощности с большой крутизной анодно-сеточной характеристики, позволяющий получить достаточный размах видеосигнала на катодах кинескопа. Применение лампы в выходном каскаде объясняется экономическими соображениями, а также желанием сделать

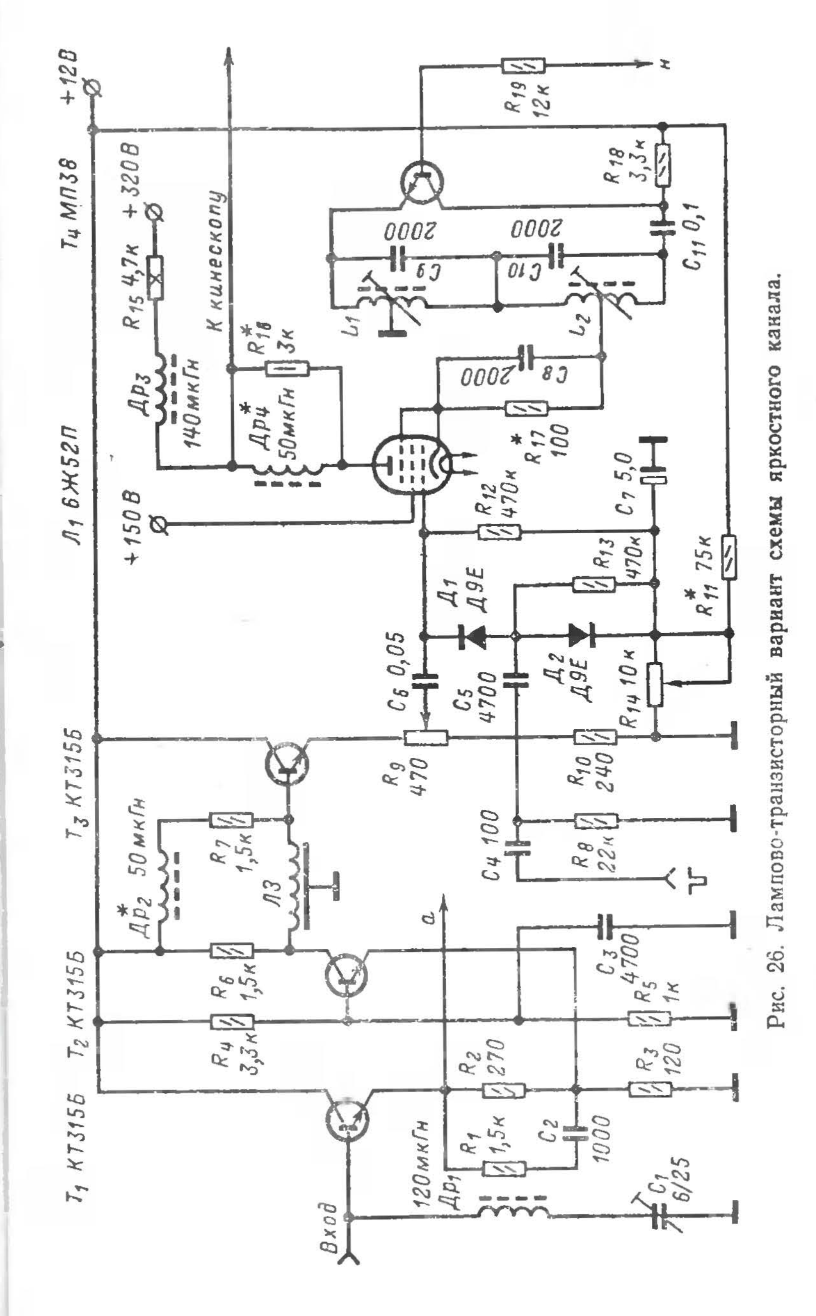


Рис. 26. Лампово-транзисторный вариант схемы яркостного канала.

схему нечувствительной к высоковольтным разрядам в кинескопе. На вход яркостного канала в базу транзистора T_1 с видеодетектора подводится видеосигнал положительной полярности размахом 1 В. Здесь же установлен режекторный фильтр $Др_1C_1$, настраиваемый на частоту 6,5 МГц. Для нормальной работы яркостного усилителя необходимо, чтобы постоянное напряжение на базе транзистора T_1, измеренное высокоомным вольтметром при наличии видеосигнала, было равно примерно +4 В.

Первый каскад усилителя включен по схеме эмиттерного повторителя, обладающего большим значением входного сопротивления в довольно широкой области видеочастот. Вместе с тем малое выходное сопротивление эмиттерного повторителя позволяет согласовать выходную цепь первого каскада с входной цепью второго, включенного по схеме с общей базой. Связь первого каскада со вторым осуществляется через резистор R_2.

Напряжение смещения на транзисторе T_2 получается за счет делителя постоянного напряжения, составленного из резисторов R_4 и R_5. Конденсатор C_3 обеспечивает низкое сопротивление по переменному току в базе, что необходимо для каскада, работающего по схеме с общей базой.

Цепочка R_1C_2, включенная параллельно резистору R_2, служит для коррекции переходной характеристики линии задержки. Параметры этой цепочки подбираются так, чтобы скорректировать искажения формы сигнала, проявляющиеся в перекосе его плоских частей. Данные корректирующей цепочки R_1C_2, указанные на схеме, подобраны для линии задержки типа ЛЗЦТ-1500/0,7. Для линий других типов корректирующая цепочка должна иметь другие данные или может вообще отсутствовать, если линия задержки не вносит указанных искажений.

Поскольку для использования в декодирующем устройстве необходим незадержанный во времени сигнал поднесущей, то весьма удобной точкой его съема является эмиттер транзистора T_1, с которого через конденсатор емкостью 100—200 пФ сигнал может быть подан, например, непосредственно на контур коррекции высокочастотных предыскажений.

Коллекторная нагрузка второго каскада определяется согласующими резисторами R_6 и R_7, величина сопротивлений которых выбрана равной волновому сопротивлению линии задержки. Дроссель $Др_2$ подбирается с таким расчетом, чтобы скомпенсировать спад частотной характеристики в области высоких частот, обусловленный паразитными емкостями схемы.

Третий каскад на транзисторе T_3 включен по схеме эмиттерного повторителя. С одной стороны, это удобно потому, что обеспечивает минимальную входную динамическую емкость каскада и, следовательно, хорошее согласование линии задержки по ее выходу. С другой стороны, это позволяет без существенных высокочастотных искажений сигнала вынести переменный резистор R_9, являющийся регулятором контрастности, на лицевую панель телевизора, соединив этот регулятор с основной схемой экранированным проводом.

Регулятор контрастности R_9, включенный в цепь эмиттера третьего каскада, вместе с резистором R_{10} образуют нагрузку эмиттерного повторителя. Сопротивление переменного резистора R_9 выбрано небольшим с тем, чтобы форма частотной характеристики усилителя почти не зависела от положения его движка.

Резистор R_{10} установлен для ограничения пределов регулировки контрастности и необходим для случая, если в телевизоре применяется спаренная регулировка контрастности и насыщенности. В данной схеме с помощью регулятора контрастности видеосигнал можно уменьшать от наибольшего значения только до значения, составляющего примерно $^1/_3$ от максимального. Такие же пределы регулировки должны быть обеспечены и в регуляторе насыщенности. Это позволяет получить достаточно точное сопряжение обоих регулировок, при которой сохраняется точность матрицирования сигналов яркости и цветности практически во всем выбранном диапазоне их изменения. Более глубокие пределы регулировки в сторону уменьшения сигналов приводят к искажениям насыщенности, а также цветового тона, так как при этом заметно нарушаются требуемые соотношения не только между сигналами яркости и цветности, но и между самими сигналами цветности.

Транзисторная часть рассматриваемой схемы яркостного канала представляет собой усилитель постоянного тока, не содержащий переходных емкостей в качестве элементов межкаскадных связей. Это обстоятельство обеспечивает весьма благоприятную частотно-фазовую характеристику усилителя в области низких частот спектра видеосигнала, при которой исключаются яркостные искажения изображения.

Коэффициент усиления по напряжению транзисторной части схемы равен примерно двум. Основное усиление видеосигнала дает выходной ламповый каскад. В нем применена схема сложной высокочастотной коррекции с корректирующими элементами, установленными в анодной и катодной цепях.

Дроссель $Др_4$ служит для подъема частотной характеристики в области высоких частот. Его индуктивность в каждом конкретном случае компоновки элементов схемы и монтажа должна быть подобрана так, чтобы максимум подъема приходился на частоту 5,5 МГц. Сопротивление резистора R_{16} подбирается с таким расчетом, чтобы максимум частотной характеристики имел подъем примерно в 1,2 раза по сравнению с ее уровнем на частоте 1 МГц. Дроссель $Др_3$ несколько выравнивает спад характеристики в области средних частот. Конденсатор C_8, уменьшая с ростом частоты отрицательную обратную связь, создаваемую резистором R_{17}, корректирует общий монотонный спад частотной характеристи. Емкость C_8 выбирается из условия отсутствия низкочастотных искажений, проявляющихся в виде «тянучек».

В рассматриваемом яркостном канале применена управляемая фиксирующая схема восстановления постоянной составляющей с привязкой уровня гасящих импульсов к регулируемому опорному потенциалу, получаемому на делителе напряжения, R_{11}, R_{14}. Переменный резистор R_{14}, с помощью которого изменяется опорный уровень привязки, является регулятором яркости изображения и выносится на лицевую панель телевизора.

Фиксирующая схема управляется продифференцированным строчным синхроимпульсом отрицательной полярности, снимаемым со схемы амплитудного селектора или со схемы автоматической подстройки частоты генератора строчной развертки. Цепочка R_8C_4 служит для дифференцирования этого импульса. Достаточно уверенная работа схемы восстановления постоянной составляющей будет иметь место, если размах синхроимпульса, подводимого к конденсатору C_4, будет не менее 4 В.

Рассматриваемая схема яркостного канала имеет в своем составе режекторный фильтр, состоящий из двух одиночных колебательных контуров L_1C_9 и L_2C_{10}. Первый из них настраивается на частоту 4,0, а второй — на частоту 4,7 МГц. Оба контура включены в катодную цепь выходной лампы посредством отводов от середины витков каждой катушки. Обе катушки наматываются на одном

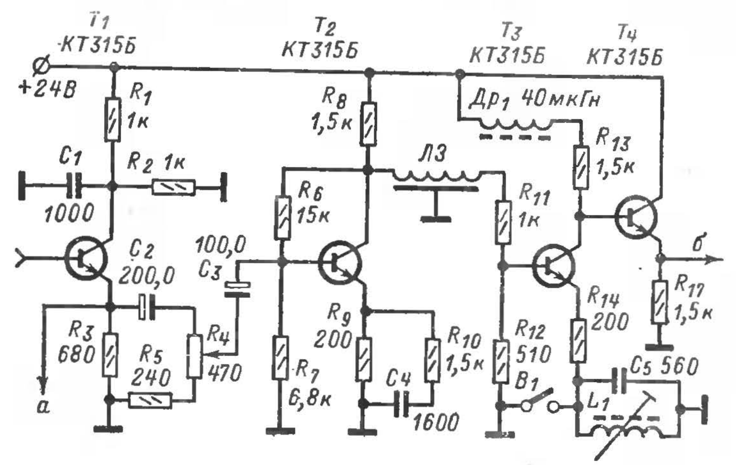


Рис. 27. Транзисторный яркостный канал для матрицирования первичных цветовых сигналов на низком уровне.

унифицированном каркасе — ближе к его краям. Катушка L_2 содержит 3+3 витка провода ПЭВ-1 диаметром, 0,42 мм, а катушка L_1 содержит 3,5+3,5 витка и наматывается тем же проводом. С помощью такого режекторного фильтра обеспечивается более чем пятикратное подавление указанных частот относительно частоты 1 МГц.

Режекторный фильтр снабжен ключевым устройством для автоматического или ручного выключения режекции при приеме черно-белого изображения. В качестве ключа используется транзистор T_4, который при соединении резистора R_{19} с источником напряжения +12 В открывается, заходя в режим насыщения. При этом сопротивление участка транзистора между его коллектором и эмиттером делается настолько малым, что оба режекторных контура через емкость C_{11} оказываются полностью зашунтированными.

На рис. 27 приведена схема яркостного канала, предназначенная для телевизора, работающего по методу первичных цветовых сигналов. Яркостный канал не имеет мощного выходного каскада. Сквозной коэффициент усиления по напряжению равен только 6, что достаточно для обеспечения работы схемы активной матрицы, формирующей цветовые сигналы U_R, U_G и U_B. Усилитель рассчитан на размах входного сигнала, равный 1,4 В.

Первый каскад T_1 рассматриваемой схемы представляет собой эмиттерный повторитель с регулятором контрастности R_4 в цепи эмиттера. Непосредственно с эмиттера первого каскада снимается сигнал, предназначенный для декодирующего устройства.

Второй каскад T_2 является усилителем напряжения и включен по схеме с общим эмиттером. Его связь с первым каскадом осуществляется через электролитические конденсаторы C_2 и C_3, а резисторы R_6 и R_7 создают на базе второго каскада требуемое напряжение смещения. Благодаря резистору R_9 каскад оказывается охваченным отрицательной обратной связью, улучшающей линейность его амплитудной характеристики и стабилизирующей режим его работы. Цепочка $R_{10}C_4$ служит для коррекции переходных искажений линии задержки типа ЛЗЦТ-1500/0,7.

В рассматриваемой схеме применяется одиночный режекторный контур, настраиваемый на частоту 4,3 МГц, с возможностью его ручного выключения с помощью выключателя B_1, вынесенного на переднюю панель телевизора. При желании в данной схеме можно применить и более совершенную схему режекции с автоматическим управлением. Катушка L_1 наматывается в один ряд, виток к витку, на унифицированном каркасе и содержит 11 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,21 мм.

Данная схема не имеет устройства для восстановления постоянной составляющей, так как наличие этого устройства предполагается в последующей части схемы — в активной матрице, которая будет рассмотрена далее.

Глава четвертая

ДЕКОДИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЕКОДИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Декодирующее устройство является весьма важной частью схемы цветного телевизионного приемника, определяющей, в основном, качество цветного изображения. В нем производится декодирование цветовой информации — выделение цветоразностных сигналов или первичных цветовых сигналов, необходимых для модуляции электронных лучей в масочном цветном кинескопе.

Схема декодирующего устройства состоит из отдельных функциональных схем, логически связанных между собой в единую систему. Это прямой канал, канал задержки, электронный коммутатор, схемы частотных демодуляторов, матрица с выходными усилителями, а также система опознавания и цветовой синхронизации.

В декодирующем устройстве, ко входу которого от яркостного канала подводится полный видеосигнал цветного изображения, происходит выделение частотно-модулированного сигнала цветности из полного видеосигнала, а также осуществляется коррекция высокочастотных предыскажений. Эти задачи выполняются корректирующим контуром, а также полосовым фильтром, входящими в состав прямого канала.

В современных цветных телевизионных приемниках полоса пропускания полосового фильтра декодирующего устройства составляет обычно 2,0—2,5 МГц. Более широкая полоса пропускания имеет место в профессиональных приемниках и видеоконтрольных устройствах специального назначения, входящих, например, в состав контрольной аппаратуры студийно-передающего комплекса. Выбор полосы пропускания полосового фильтра производится с учетом частотных свойств демодуляторов декодирующего устройства, с тем

чтобы не ограничивать их возможностей по полосе пропускания. Следует заметить, что наличие полосового фильтра в составе декодирующего устройства не обязательно, поскольку он является только вспомогательным средством выделения спектра сигнала цветности из полного видеосигнала. В основном эта задача решается контуром коррекции высокочастотных предыскажений, обладающим значительно большей избирательностью. Однако полосовой фильтр все же дает некоторую дополнительную избирательность в отношении составляющих яркостного сигнала и с этим приходится считаться.

При наличии полосового фильтра общая амплитудно-частотная характеристика системы, в состав которой входят полосовой фильтр и корректирующий контур, имеет вид колоколообразной кривой, размещенной как бы на пьедестале относительно почти прямоугольной формы характеристики полосового фильтра.

Весьма большое значение для качества цветного изображения имеет точность коррекции высокочастотных предыскажений. Недостаточно точная коррекция обусловливает значительные фазовые искажения поднесущей, что приводит к искажениям цветности изображения в местах, соответствующих быстрым перепадам девиации частоты, т. е. на цветовых переходах. Границы между областями изображения, окрашенными в разный цвет, размываются и приобретают постороннюю окраску.

Слишком большие ошибки в точности сопряжения и настройки корректирующего контура вызывают потерю цветового контраста и появление на цветном изображении своеобразных цветовых «тянучек». Уровень шумов в канале цветности при этом заметно увеличивается.

Точность коррекции высокочастотных предыскажений оценивают по величине остаточной амплитудной модуляции поднесущей при приеме сигнала испытательной таблицы цветных полос. После прохождения сигнала через корректирующий контур пакеты цветовой поднесущей, соответствующие определенным цветным полосам на изображении, должны быть выровненными относительно друг друга. При этом на участках сигнала, соответствующих границам перехода с одной цветной полосы на другую, не должно быть резких выбросов или провалов амплитуды. Допустимая неравномерность пакетов поднесущей по амплитуде не должна превышать 10—20% от их максимальной амплитуды.

Электронный коммутатор должен уверенно и надежно изменять свое коммутационное состояние в пределах времени обратного хода строчной развертки. Паразитные связи в коммутаторе, обусловленные несовершенством схемы или монтажа, вызывающие «пролезание» сигналов по отключенным ветвям, должны быть практически исключены.

Для такого рода паразитных связей, называемых перекрестными, характерно то, что в результате их действия поднесущая сигнала U_{Y-R} смешивается с поднесущей сигнала U_{B-Y} и наоборот. При частотной модуляции сигналов незначительное, на первый взгляд, смешение поднесущих приводит к весьма заметным и довольно неприятным искажениям, проявляющимся в виде характерных узоров на окрашенных областях изображения, перемещающихся по вертикали или кажущихся неподвижными; эти узоры возникают из-за разнояркости частей строк, принадлежащих отдельным цветам. Следует особо отметить, что обеспечение достаточно малых

перекрестных связей по поднесущим частотам между каналами декодирующего устройства является весьма важным условием получения качественного цветного изображения. Паразитные связи по поднесущим приводят к искажениям, которые невозможно затем исправить. Источниками перекрестных связей между каналами декодирующего устройства могут быть общие цепи питания каскадов, общие точки заземления ветвей, принадлежащих каналам с разнородными поднесущими, общие магнитные поля близко расположенных катушек колебательных контуров и паразитные монтажные емкости.

В случае больших перекрестных связей в каналах декодирующего устройства пакеты поднесущей, соответствующие определенным цветным полосам испытательной таблицы, приобретают характерную амплитудную неравномерность в виде чередующихся зубцов. Амплитудные ограничители способны устранить эту неравномерность, но при смешении поднесущей основного сигнала с инородной поднесущей возникает паразитная фазовая модуляция полезного сигнала, обусловленная биениями между двумя разнородными поднесущими, отличающимися по частоте и фазе. После частотного детектирования пораженной поднесущей на выходе детектора выделяется низкочастотный сигнал, форма которого оказывается сильно искаженной. Форма сигналов периодически изменяется под действием изменяющихся начальных фаз частотно-модулированных поднесущих, что создает на экране телевизора более или менее упорядоченную структуру интерференционных помех изображения.

Степень перекрестных связей по поднесущим определяется как отношение уровня наводок в одном каком-либо цветоразностном канале к уровню основного сигнала. Искажения изображения, вызванные перекрестными связями по поднесущим, будут еще мало заметны, если степень перекрестных связей не превзойдет 1,5—2,0%. Следует заметить, что выполнение этого весьма важного требования не вызовет затруднений при рациональной компоновке элементов и тщательном выполнении электрического монтажа.

В приемных устройствах, использующих принцип частотной модуляции сигналов, перед частотным детектором устанавливается амплитудный ограничитель, устраняющий паразитную амплитудную модуляцию сигнала. Как известно, эффективное амплитудное ограничение частотно-модулированных сигналов является основным средством повышения помехоустойчивости приемников. Все это в равной степени относится и к декодирующему устройству цветного телевизора, параметры ограничения поднесущих в котором строго нормируются. Но кроме этой основной задачи ограничители призваны поддерживать неизменным уровень частотно-модулированных сигналов в сравнительно широкой полосе частот, что несколько снижает требование к равномерности амплитудно-частотных характеристик каналов декодирующего устройства.

Амплитудное ограничение поднесущих перед демодуляцией в декодирующем устройстве необходимо не только для того, чтобы снизить уровень различного рода импульсных помех, но и для того, чтобы уменьшить помехи от сигнала яркости, спектральные составляющие которого попадают в полосу пропускания каналов цветности. Снижение этого вида помех, называемых «яркость — цветность», зависит от эффективности работы комплекса амплитудных ограничителей в декодирующем устройстве.

Эффективность работы амплитудных ограничителей принято оценивать относительным изменением размаха демодулированного

сигнала, которое происходит при десятикратном уменьшении уровня поднесущей на входе декодирующего устройства. В телевизорах системы СЕКАМ относительное изменение размаха демодулированного сигнала составляет обычно не более 10—20%.

Многие качественные показатели декодирующего устройства зависят от свойств частотных детекторов, на выходе которых выделяются цветоразностные сигналы. Эти свойства определяют искажения формы выходных сигналов и стабильность демодулированной постоянной составляющей.

Способность частотного детектора воспроизводить без больших искажений быстрые перепады цветоразностных сигналов оценивается его полосой пропускания, которая измеряется между двумя точками S-образной кривой амплитудно-частотной характеристики, лежащими справа и слева от экстремальных значений этой кривой на уровне $\pm 0,7$ по отношению к экстремальным уровням, принятым за единицу.

Полоса пропускания частотных детекторов большинства приемников цветного телевидения лежит в пределах 1,4—2,0 МГц.

Важным параметром частотного детектора является линейность его амплитудно-частотной характеристики, которая оценивается в полосе частот, соответствующих номинальным девиациям поднесущих, т. е. в полосе ± 280 кГц в канале с сигналом U_{R-Y} и ± 230 кГц в канале с сигналом U_{B-Y}. В указанной полосе частот коэффициент нелинейности не должен превышать 5%, т. е. отношение разности между максимальной и минимальной крутизной амплитудно-частотной характеристики к их среднему значению не должно превосходить величины 0,05. Нужно сказать, что выполнение этого требования сопряжено с определенными трудностями в наладке резонансных систем частотных детекторов, поскольку технические средства для выполнения этой задачи могут быть весьма ограниченными. Поэтому для любительских условий можно рекомендовать использование контуров частотных детекторов от промышленных телевизоров.

Столь жесткие требования к линейности амплитудной характеристики обусловлены допустимой неточностью цветовоспроизведения, которая вызывается искажением уровней цветоразностных сигналов по мере отклонения поднесущей частоты от своего начального значения.

Частотный детектор в процессе своей работы должен быть весьма стабильным по настройке на частоту немодулированной поднесущей. Расстройка резонансной системы частотного детектора, которая вызывается изменением температуры внутри корпуса телевизора при самопрогреве и другими факторами, приводит к появлению на его выходе паразитной избыточной постоянной составляющей, отсутствующей в исходном сигнале. Эта избыточная постоянная составляющая, попадая вместе с сигналом цветности на соответствующий электрод кинескопа, вызывает дополнительную засветку экрана каким-либо основным цветом. При этом все элементы цветного изображения оказываются подкрашенными в этот цвет, что воспринимается как весьма существенное нарушение цветности по всему полю экрана.

Посторонний цветовой оттенок на изображении особенно заметен на его темносерых крупных элементах, так как острота нашего зрения к распознаванию неточности цветовоспроизведения возрастает при уменьшении яркости.

При большой расстройке частотного детектора посторонний цветовой оттенок становится заметным и на светлых неокрашенных или слабо окрашенных элементах изображения. Экспериментальные и теоретические исследования показывают, что допустимая расстройка резонансной системы частотного детектора не должна превышать 3—5% от значения номинальной девиации частоты, т. е. абсолютное изменение резонансной частоты не должно быть больше, чем 8—14 кГц.

ПРЯМОЙ КАНАЛ

Прямым каналом называют входную часть декодирующего устройства, в которой производится выделение частотно-модулированного сигнала цветности из полного видеосигнала и коррекция высокочастотных предыскажений. Вместе с тем в прямом канале сигнал цветности обычно предварительно ограничивается по размаху и усиливается.

Ко входу прямого канала полный видеосигнал цветного изображения подводится через конденсатор небольшой емкости. Во входной цепи прямого канала может быть установлен полосовой фильтр, средняя частота настройки которого равна 4,3 МГц. Часто входной цепью прямого канала является контур коррекции высокочастотных предыскажений. В последнем случае полосовой фильтр включается в последующие цепи прямого канала или вообще отсутствует.

Возможны три варианта включения корректирующего контура в цепи первого усилительного каскада, используемые на практике. В одном из них (рис. 28, *а*) корректирующий контур, составленный из последовательно соединенных конденсатора C_5 и катушки L_4, включен в эмиттерную цепь транзистора. Будучи настроенным на частоту 4,286 МГц, этот контур создает частотно-зависимую отрицательную обратную связь, увеличивающую коэффициент усиления каскада по мере приближения рабочей частоты к его резонансной частоте. Такое включение корректирующего контура удобно тем, что позволяет использовать цепь базы для подключения к ней второй частотно-избирательной системы — полосового фильтра. Таким образом, в одном усилительном каскаде оказалось возможным совместить сразу две функции — произвести коррекцию высокочастотных предыскажений и обеспечить дополнительную избирательность.

В другом варианте (рис. 28, *б*) корректирующий контур включен в цепь базы усилительного каскада посредством отвода от части витков его катушки. Такое включение позволяет получить некоторый выигрыш в коэффициенте усиления каскада за счет согласования выходного сопротивления контура с входным сопротивлением транзистора, а также благодаря тому, что в данном случае корректирующий контур может иметь довольно сильную связь с яркостным каналом, являющимся источником сигнала. Полосовой фильтр в рассматриваемой схеме может быть включен в коллекторную цепь этого каскада или в последующую часть схемы.

Следующий вариант (рис. 28, *в*) характерен тем, что корректирующий контур включен в коллекторную цепь, а к базе, как и в первом варианте, может быть подключен полосовой фильтр. Однако при прочих равных условиях наличие резонансных цепей в базе и коллекторе может вызвать неустойчивую работу схемы из-за

склонности к самовозбуждению, что требует снижения общего коэффициента усиления или применения более высокочастотного транзистора.

Достаточно точная коррекция высокочастотных предыскажений достигается прн условин, что эквивалентная добротность корректи-

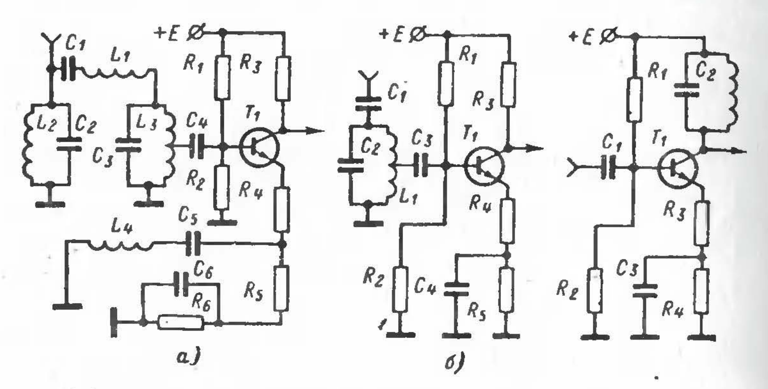


Рис. 28. Варианты входных цепей прямого канала.

рующего контура с учетом воздействия на него внешних цепей будет близка к значению $Q=16$. Контур коррекции следует размещать в схеме так, чтобы не допустить чрезмерно больших изменяющихся реакций со стороны активных элементов, которые в процессе работы могут отрицательно влиять на параметры коррекции, ухудшая в некоторые моменты времени корректирующую способность контура. Например, весьма нежелательно нагружать корректирующий контур цепью амплитудного ограничителя, входное сопротивление которого резко меняется в различных стадиях его работы.

В прямом канале декодирующего устройства обычно имеется двусторонний амплитудный огранинитель, построенный по обычной схеме на двух полупроводниковых диодах. Этот ограничитель предназначен для подавления остаточной амплитудной модуляции сигнала, возникающей вследствие несовершенства упрощенных схем коррекции высокочастотных предыскажеиий, а также из-за неравномерности сквозной амплитудно-частотной характеристики радиоприемного тракта телевизора. Вместе с тем амплитудный ограничитель прямого канала усиливает действие ограничителей, устанавливаемых перед частотными детекторами, обеспечивая добавочное подавление шумовых помех и помех от яркостного сигнала.

Прямой канал декодирующего устройства содержит в своем составе обычно два-три транзисторных широкополосных каскада с двухдиодным ограничителем. Практическим примером может служить типичная несложная схема на двух транзисторах без полосового фильтра, приведенная на рис. 29.

Вход рассматриваемой схемы должен быть соединен с низкоомным источником яркостного сигнала, в качестве которого может быть использован специальный выход яркостного канала в одной

из приведенных ранее схем. Через конденсатор C_1 сигнал попадает прямо на контур коррекции высокочастотных предыскажений, образованный индуктивностью L_1 и емкостью C_2. Для повышения устойчивости усиления этот контур связан с базой первого усилительного каскада по автотрансформаторной схеме с коэффициентом

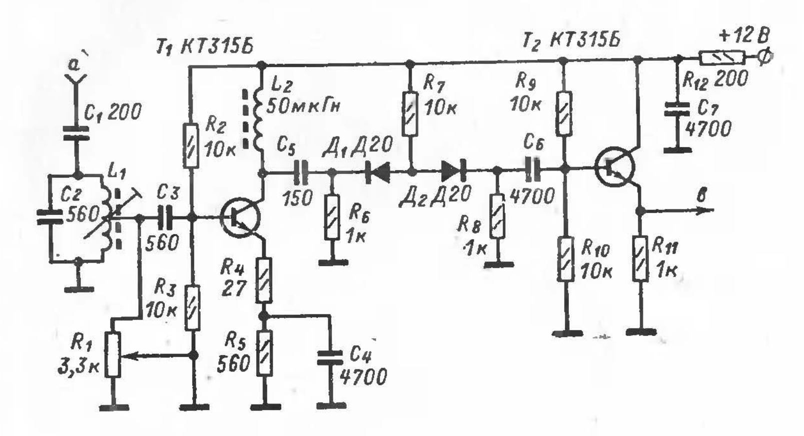


Рис. 29. Схема прямого канала.

включения, равным 0,5. Катушка L_1 содержит 12 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,15 мм, намотанных на типовом унифицированном каркасе с экраном. Резистор R_1, шунтирующий контур коррекции, служит для подбора его оптимальной добротности.

Сопротивлениями нагрузки первого каскада являются резисторы R_6 и R_8 двустороннего амплитудного ограничителя, которые вместе с резистором R_4, создающим отрицательную обратную связь, определяют коэффициент усиления каскада по переменному напряжению. Цепочка R_5C_4, установленная в цепь эмиттера, создает глубокую отрицательную обратную связь по постоянному току, обеспечивающую вместе с резисторами R_2 и R_3 достаточно хорошую стабилизацию режима транзистора T_1.

В двустороннем амплитудном ограничителе (рис. 29) диоды $Д_1$ и $Д_2$ соединены встречно, а в точку их соединения через резистор R_7 подается постоянное напряжение, отпирающее эти диоды. Через каждый из диодов протекает постоянный ток, замыкающийся через заземленные выводы резисторов R_6 и R_8 на источник. Если на вход ограничителя через конденсатор C_5 подать переменное гармоническое напряжение, то диоды $Д_1$ и $Д_2$ в определенные моменты времени будут запираться и препятствовать прохождению сигнала. Диод $Д_1$, например, запрется, когда мгновенное значение переменного напряжения, увеличиваясь по амплитуде, превысит величину положительного постоянного напряжения в точке соединения диодов. Этим достигается ограничение сигнала сверху. При изменении полярности мгновенного значения переменного напряжения, когда оно зайдет в область отрицательных значений, запирается диод $Д_2$, что дает ограничение сигналов снизу.

Следует заметить, что для применения в схемах амплитудных ограничителей декодирующего устройства пригодны только достаточно высокочастотные полупроводниковые диоды, обладающие малыми диффузионными и статическими проходными емкостями.

Качество работы амплитудного ограничителя в большой степени зависит от выполнения электрического монтажа схемы. При выполнении монтажа необходимо следить за тем, чтобы паразитная монтажная емкость между элементами схемы была как можно меньшей.

Амплитудный ограничитель прямого канала, обеспечивая неизменность размаха сигнала на его выходе, предохраняет электронный коммутатор от перегрузки. Это позволяет применить в схеме декодирующего устройства более простые схемы электронного коммутатора. Кроме того, неизменность размаха поднесущей на выходе прямого канала бывает необходимой для устойчивой работы некоторых схем опознавания, для работы которых используется сигнал, снимаемый с выхода прямого канала.

Второй каскад включен по схеме эмиттерного повторителя, не дающего усиления по напряжению, но имеющего малое выходное сопротивление. Это обстоятельство является весьма важным, поскольку благодаря ему сильно уменьшаются перекрестные связи в электронном коммутаторе. Ослабление паразитных сигналов происходит за счет делителя, образованного элементом паразитной связи, обладающим большим полным сопротивлением и значительно более низким выходным сопротивлением каскада.

С эмиттера транзистора T_2 частотно-модулированный сигнал цветности подается на один из входов электронного коммутатора и на вход канала задержки.

КАНАЛ ЗАДЕРЖКИ

Канал задержки представляет собой усилитель, предназначенный для задержки во времени сигнала частотно-модулированной поднесущей на длительность одной строки. Наличие задержанного сигнала, как уже указывалось, необходимо в процессе восстановления непрерывности двух сигналов цветности при декодировании цветовой информации.

Для временной зедержки электрических сигналов применяются специальные ультразвуковые линии задержки. В ультразвуковой линии электрический сигнал с помощью пьезоэлектрического преобразователя преобразовывается в механические ультразвуковые колебания, которые проходят некоторое расстояние в упругой среде — звукопроводе. Затем с помощью другого пьезопреобразователя ультразвуковые колебания преобразовываются обратно в электрический сигнал, используемый по назначению. Поскольку скорость распространения ультразвуковых волн в звукопроводе не высока, то оказалось возможным осуществить необходимую задержку сигнала при небольших размерах звукопровода.

Ультразвуковая линия задержки брускового типа представляет собой вытянутый прямоугольный брусок квадратного сечения, сделанный из стекла или стали. Размеры сечения бруска, являющегося звукопроводом, выбирают так, чтобы в рабочей полосе частот механических колебаний в нем могли устанавливаться только поперечные ультразвуковые волны. На торцевых частях бруска-волновода жестко закреплены плоские пьезоэлектрические преобразователи, преобразующие электрические сигналы в ультразвуковые и обратно.

Работа ультразвукового волновода в режиме поперечных волн удобна тем, что при этом существенно снижается уровень внутренних интерференционных помех, получается более широкая и равномерная частотная характеристика, обеспечивается значительно меньшее затухание сигнала и достигаются меньшие размеры ультразвуковой линии задержки.

Стремление уменьшить размеры и массу ультразвуковых линий задержки привело к тому, что были разработаны линии с однократным и даже многократными отражениями ультразвуковых волн внутри объема звукопровода, благодаря чему искусственно удлинялся их путь. Разработана также ультразвуковая линия, у которой звукопровод выполнен в виде тонкой стальной полоски, закрученной в спираль.

Проходя через ультразвуковую линию задержки, сигнал заметно ослабляется. У линий некоторых типов ослабление сигнала по напряжению достигает 10 и более раз. Это требует применения в канале задержки усилительных каскадов, восполняющих потерю усиления, поскольку сигналы от прямого канала и от канала задержки, подводимые к электронному коммутатору, должны иметь примерно одинаковые уровни.

Для нормальной работы ультразвуковой линии задержки требуется согласование ее входной цепи с источником сигнала и ее выходной цепи с нагрузкой. Такое согласование необходимо: для уменьшения потерь энергии сигнала, которые происходят из-за различия внутренних сопротивлений источника и приемника электрической энергии; для уменьшения уровня отраженных ультразвуковых сигналов, обусловливающих амплитудные искажения электрических сигналов на входе и выходе линии; для создания более равномерной частотной характеристики в рабочей полосе частот.

Входное и выходное сопротивления ультразвуковой линии задержки упрощенно могут быть представлены в виде двухэлементной эквивалентной схемы, в состав которой входят параллельно соединенные резистор и конденсатор. Величины входного и выходного полного сопротивлений линии примерно одинаковы, поскольку линия симметрична относительно ее входа и выхода. Активная составляющая входного сопротивления ультразвуковых линий задержки лежит обычно в пределах 10—100 Ом. Входная емкость имеет порядок 1 000—5 000 пФ.

Линия задержки согласовывается с помощью настраиваемых высокочастотных трансформаторов или автотрансформаторов, устанавливаемых на входе и выходе линии и представляющих собой одиночные колебательные системы или полосовые фильтры. Наиболее простым способом согласования является способ использования одиночного колебательного контура, когда этот контур образуется индуктивностью катушки трансформирующего устройства, подключенной непосредственно к пьезопреобразователю, и входной емкостью линии задержки. Колебательный контур настраивается на среднюю частоту сигнала цветности.

Более сложные способы согласования дают возможность произвести настройку согласующей резонансной системы на две частоты, обеспечивая тем самым лучшее согласование линии в более широкой области рабочих частот. Однако согласование ультразвуковой

линии задержки по последнему способу применимо не для всех типов линий и не всегда практически осуществимо.

Входное трансформирующее устройство обычно понижает напряжения сигнала, увеличивая ток, поступающий в пьезопреобразователь. При этом выходное сопротивление источника сигнала, трансформируясь, понижается и становится на резонансных частотах равным активной составляющей входного сопротивления линии. На выходе линии задержки устанавливается повышающее трансформирующее устройство, преобразующее выходное сопротивление линии в более высокое с тем, чтобы сделать его равным сопротивлению нагрузки.

Как видно из предыдущего, для согласования ультразвуковой линии задержки необходимо выполнить два условия: скомпенсировать реактивный характер ее входного и выходного сопротивлений реактивностью противоположного знака, преобразовав тем самым полное сопротивление линии в чисто активную величину, и с помощью трансформатора осуществить согласование оставшейся активной компоненты сопротивления линии с внешним активным сопротивлением.

Если указанные условия удовлетворены с допустимой точностью в достаточно широкой полосе частот, то потери энергии и искажения сигналов будут минимальны.

Параметры ультразвуковых линий задержки во многом определяются ее внутренними механическими свойствами, которые не зависят или слабо зависят от каких-либо внешних электрических воздействий. Так, например, пьезоэлектрический преобразователь, передающий ультразвуковые волны в звукопровод, должен быть механически согласован с этим звукопроводом. Однако внутреннее механическое согласование в ультразвуковых линиях задержки, как правило, бывает далеко не идеальным. Кроме того, и внешнее электрическое согласование в достаточно широкой полосе частот оставляет желать лучшего. Все это создает в ультразвуковом волноводе внутренние отражения ультразвуковых волн от его концов и обусловливает возникновение ложных электрических сигналов на входе и выходе линии.

На входе линии ложный электрический сигнал получается вследствие того, что, пройдя путь от начала звукопровода к его концу, ультразвуковой сигнал не полностью преобразуется пьезоэлементом в электрический сигнал, а частично отражается от конца звукопровода и возвращается обратно. При этом отраженный ультразвуковой сигнал, возвратившись к началу звукопровода, преобразовывается обратно в электрический сигнал и на входе линии суммируется с основным электрическим сигналом, действующим в данный момент времени на входе линии.

Поскольку отраженный сигнал до его сложения с основным сигналом успел пройти вдоль звукопровода путь от его начала к концу и обратно, то он оказывается задержанным относительно исходного сигнала на время, равное двум строчным интервалам.

Условимся называть однородными два сигнала поднесущих, если они в любой момент времени незначительно различаются по частоте. Заметим, что на входе линии задержки суммируются именно однородные сигналы, так как периодичность следования близких по частоте поднесущих сигналов равна двум строчным интервалам.

В результате сложения двух однородных сигналов изменяется только амплитуда основного сигнала, так как ложный отраженный сигнал, сильно ослабленный в линии, приходит к ее началу с некоторой фазой, несовпадающей с фазой основного сигнала. Периодическое переключение фазы поднесущей в кодирующем устройстве приводит к тому, что на входе линии задержки наблюдаются периодические изменения амплитуды поднесущей через каждые две строки на третью.

На выходе ультразвуковой линии задержки ложный сигнал получается вследствие двукратного отражения ультразвуковой волны от двух концов звукопровода. При этом ложный сигнал, складываясь на выходе линии с основным задержанным сигналом, оказывается с ним тоже однородным, так как относительно основного задержанного сигнала он, пройдя вдвое больший путь, задерживается на время, равное двум строчным интервалам.

В результате сложения основного задержанного сигнала с ложным (отраженным) сигналом в силу периодичности изменения начальной фазы поднесущей на выходе линии будут наблюдаться периодические изменения амплитуды поднесущей, аналогичные тем, которые имеют место на входе.

Небольшие периодические амплитудные искажения сигналов поднесущих на входе и выходе ультразвуковой линии не опасны, если декодирующее устройство располагает эффективно действующими ограничителями, установленными перед демодуляторами цветоразностных сигналов. Однако в случае больших периодических изменений амплитуды сигналов поднесущих ограничители не могут устранять эти амплитудные искажения. Тогда на цветном изображении будет заметна цветовая разнояркость строк, получающаяся из-за того, что после демодуляции размахи сигналов цветности в различных строках будут заметно различаться.

Цветовая разнояркость строк, обусловленная действием ложных сигналов на входе линии задержки, может быть устранена, например, применением буферного каскада, устанавливаемого между входом линии задержки и выходом прямого канала. Цветовая разнояркость строк, обусловленная действием ложных сигналов на выходе линии задержки, устраняется применением дополнительного ограничителя, устанавливаемого в канале задержки. Однако эти меры приводят к значительному усложнению декодирующего устройства.

На рис. 30, *а*, показан вариант подключения ультразвуковой линии задержки к коллекторной цепи усилительного каскада с разделенной нагрузкой. В этой схеме сигнал прямого канала — прямой сигнал выделяется в цепи эмиттера на резисторе R_2, а сигнал, предназначенный для линии задержки, снимается с резистора коллекторной нагрузки R_1.

При таком разделении функций одного и другого нагрузочных резисторов реакция входной цепи линии задержки проявляется в цепи эмиттера весьма слабо.

В другом варианте схемы разделения прямого канала и канала задержки (рис. 30, *б*) с целью снижения влияния отраженных сигналов на прямой сигнал используется эмиттерный повторитель, в котором прямой сигнал снимается непосредственно с эммитера, а сигнал, предназначенный для линии задержки, с конца нагрузочного резистора R_1. При этом первичная обмотка согласующего трансформатора L_1 включена последовательно с сопротивлением

нагрузки для переменной и постоянной составляющих эмиттерного тока. Поскольку эмиттерный повторитель как источник сигнала обладает довольно малым выходным сопротивлением, резистор R_1 вместе с выходным сопротивлением каскада образует делитель, сильно ослабляющий уровень ложных сигналов, проходящих через резистор R_1 к эмиттеру. Таким образом, прямой сигнал, снимаемый непосредственно с эмиттера, искажается незначительно.

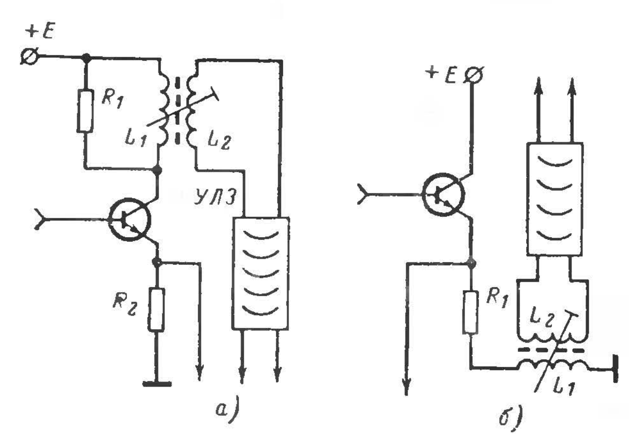


Рис. 30. Способы согласования входной цепи ультразвуковой линии задержки.

Следует заметить, что некачественная ультразвуковая линия задержки может служить источником перекрестных искажений по поднесущим, если в ней существуют ложные отраженные сигналы, время задержки которых некратно длительности одной строки. Некратные отражения приводят к тому, что на выводных зажимах линии задержки появляются основной и отраженный сигналы, принадлежащие двум смежным строкам или, во всяком случае, строкам с разнородными сигналами.

На рис. 31 в качестве практического примера приведен вариант несложной схемы канала задержки на двух транзисторах. Первый каскад здесь является буферным усилителем. На его базу через конденсатор C_1 подводится сигнал от прямого канала.

Вход ультразвуковой линии задержки через понижающий высокочастотный трансформатор подключен к резистору R_3, на котором выделяется сигнал, усиленный первым каскадом. Первичная обмотка L_1 этого трансформатора, выполненного с использованием унифицированного каркаса с сердечником, содержит 52 витка провода ПЭВ-1 диаметром 0,15 мм, вторичная L_2 содержит 12 витков того же провода. Первичная обмотка намотана в один ряд виток к витку. Вторичная обмотка наматывается внавал поверх первичной.

На выходе линии задержки установлен другой высокочастотный трансформатор, который является повышающим. Его первичная обмотка L_3 содержит 12 витков провода ПЭВ-1 диаметром

0,15 мм, намотанных в один ряд виток к витку. Поверх этой обмотки тем же проводом внавал наматывается вторичная обмотка L_4, которая содержит 76 витков. Оба трансформатора закрыты электростатическими экранами.

Переменный резистор R_5, установленный в цепи эмиттера первого каскада, служит для регулировки коэффициента усиления первого каскада, которая необходима для выравнивания размахов под-

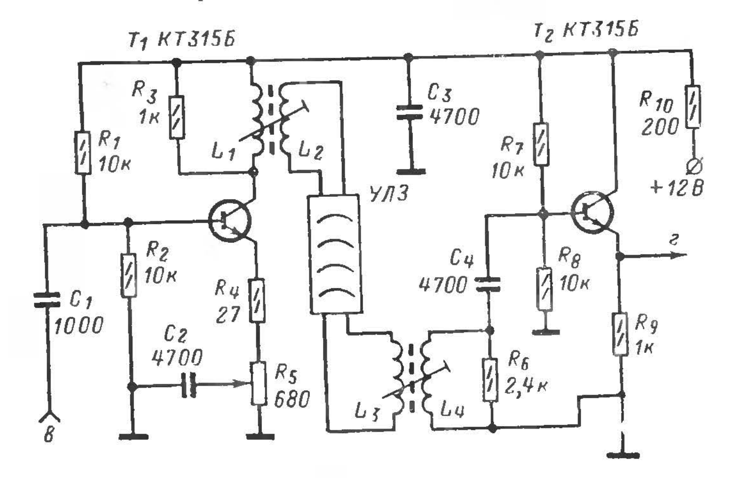


Рис. 31. Схема канала задержки.

несущих на выходе прямого канала и канала задержки. При помощи этого потенциометра имеется возможность установить размах задержанного сигнала равным размаху прямого сигнала (примерно 0,8 В).

В рассматриваемой схеме применена отечественная стеклянная ультразвуковая линия задержки УЛЗ-64-2 с входным сопротивлением 50 Ом и с входной емкостью 800 пФ. В случае применения линий задержки других типов необходимо изменить данные согласующих трансформаторов. В паспортных данных на ультразвуковые линии задержки, предназначенные для применения в декодирующих устройствах цветных телевизоров, обычно указываются параметры оптимального согласования — индуктивность обмотки согласующего трансформатора и активная составляющая входного сопротивления линии задержки.

ЭЛЕКТРОННЫЙ КОММУТАТОР

В декодирующих устройствах цветных телевизоров преимущественно применяются электронные коммутаторы на полупроводниковых диодах, которые довольно просты и надежны в работе. Принцип работы таких электронных коммутаторов основан на свойствах полупроводниковых диодов пропускать электрические сигналы, если электронно-дырочный переход смещен в прямом на-

правлении, и не пропускать их, если переход заперт внешним источником постоянного напряжения.

Простейшим типом электронного коммутатора является четырехдиодный коммутатор, схема которого изображена на рис. 32. Коммутирующими элементами в этой схеме служат диоды $Д_3$, $Д_4$, $Д_5$ и $Д_6$, состоянием которых управляет симметричный триггер на транзисторах T_1 и T_2.

Симметричный триггер, как известно, имеет два устойчивых состояния равновесия, в одном из которых полностью открыт тран-

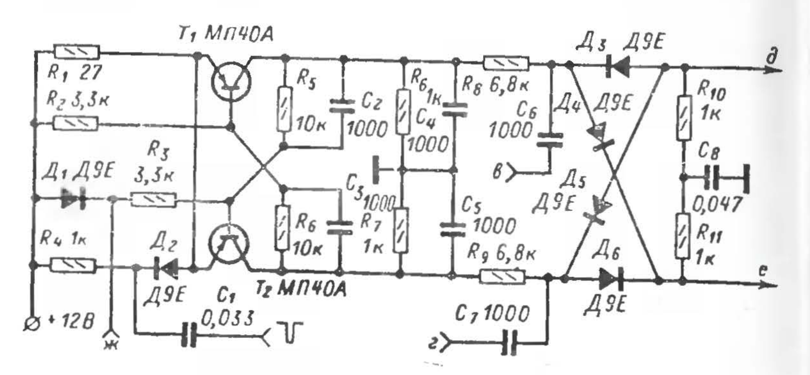


Рис. 32. Четырехдиодный электронный коммутатор с генератором коммутирующих импульсов.

зистор T_1 и заперт транзитор T_2. В другом устойчивом состоянии, наоборот, заперт транзистор T_1 и открыт транзистор T_2. Состояние транзисторов изменяется каждый раз во время обратного хода строчной развертки. Для этого от специальной обмотки выходного строчного трансформатора через конденсатор C_1 к триггеру подводится отрицательный импульс обратного хода по строкам амплитудой порядка 20—25 В. Диод $Д_2$, связанный с эмиттерами транзисторов, служит для повышения устойчивости изменения состояния триггера.

В тот момент времени, когда транзистор T_1 отперт, а транзистор T_2 заперт, на коллекторе транзистора T_1 будет действовать почти полное напряжение источника питания, поскольку сопротивление резистора R_1 мало. В это же время на коллекторе транзистора T_2 будет действовать очень небольшое (около 1 В) положительное напряжение. Таким образом, между коллекторами транзисторов T_1 и T_2 будет действовать разность потенциалов, почти равная напряжению источника питания, вызывающая протекание тока в последовательной цепи элементов R_8, $Д_4$, R_{11}, R_{10}, $Д_5$ и R_9. При этом диоды $Д_3$ и $Д_6$ оказываются запертыми, поскольку падение постоянного напряжения на резисторах R_{10} и R_{11} смещает рабочую точку на вольт-амперной характеристике этих диодов в обратном направлении.

Если в рассматриваемом статическом режиме работы схемы к конденсатору C_8 будет подведена поднесущая сигнала цветности от прямого канала, а к конденсатору C_7 — поднесущая сигнала

цветности от канала задержки, то первая через открытый диод $Д_4$ пройдет (с небольшим ослаблением за счет падения переменного напряжения на диоде) на выход *е*, а вторая — на выход *д*.

В другом устойчивом состоянии триггера, когда транзистор T_1 будет заперт, а транзистор T_2 отперт, потенциалы на коллекторах транзисторов поменяются местами, а направление токов в резисторах R_8, R_9, R_{10} и R_{11} изменится на обратное. Это вызовет запирание диодов $Д_4$ и $Д_5$ и отпирание диодов $Д_3$ и $Д_6$. При этом поднесущая сигнала цветности прямого канала, подведенная к конденсатору C_6, пройдет через открытый диод $Д_3$ на выход *д*, а поднесущая канала задержки, подведенная к конденсатору C_7 — через диод $Д_6$ на выход *е*.

Конденсаторы C_4, C_5 и C_8 препятствуют прямому прохождению поднесущих из одной цепи коммутатора в другую, т. е. устраняют паразитные перекрестные связи.

Сопоставляя два статических состояния симметричного триггера, можно отметить, что каждому из этих состояний соответствует вполне определенное положение коммутирующих цепей — полупроводниковых диодов. В одном состоянии открыты диоды $Д_3$ и $Д_6$, а в другом — диоды $Д_4$ и $Д_5$. В соответствии с чередованием состояний триггера происходит переключение направлений, по которым на каждый из двух выходов коммутатора поочередно проходят поднесущая от прямого канала или поднесущая от канала задержки. В результате на одном из выходов выделяется поднесущая, модулированная цветоразностным сигналом U_{Y-R}, а на другом — поднесущая, модулированная сигналом U_{B-Y}.

Для электронного коммутатора должны быть созданы такие условия его работы, при которых поднесущая, модулированная сигналом U_{Y-R}, всегда проходила бы только на один какой-нибудь выход, например на выход *д*.

При этом поднесущая сигнала U_{B-Y} должна проходить только на выход *е*. Эти условия, как уже отмечалось, обеспечивают синфазную работу электронных коммутаторов кодирующего и декодирующего устройств, при которой каждая поднесущая, пройдя коммутатор, попадает в свой демодулятор.

В декодирующем устройстве правильное распределение поднесущих по своим каналам обеспечивается схемой цветовой синхронизации, задача которой состоит в изменении положения электронного коммутатора, если по какой-либо причине произойдет сбой синфазной работы передающего и приемного коммутаторов. Этот сбой исправляется тем, что от схемы цветовой синхронизации к резистору R_3 симметричного триггера поступает импульс поправки фазы, который лишний раз изменяет состояние триггера (положение коммутирующих элементов), после чего правильное распределение сигналов по своим каналам восстанавливается.

На рис. 33 приведена более сложная схема электронного коммутатора, содержащая восемь полупроводниковых диодов, соединенных попарно. Каждая пара диодов (например, $Д_1$ и $Д_5$) образует коммутирующую ячейку, управляемую напряжением, приложенным к общей точке соединения этих диодов через резистор (например, R_3). Если резистор R_3 подключен к источнику положительного напряжения, то диоды $Д_1$ и $Д_5$ запираются и сигнал со входа коммутирующей ячейки не проходит на ее выход. Если же резистор R_3 подключен к источнику отрицательного напряжения, то диоды будут открыты и переменная составляющая высокочастотио-

го сигнала с некоторым ослаблением проходит на выход коммутирующей ячейки.

Каждая коммутирующая ячейка электронного коммутатора представляет собой классическую схему двустороннего амплитудного ограничителя на диодах. Поэтому при прохождении через такую ячейку сигнал ограничивается по амплитуде.

Как и в четырехдиодном коммутаторе, состоянием отдельных коммутирующих ячеек управляет симметричный триггер, который

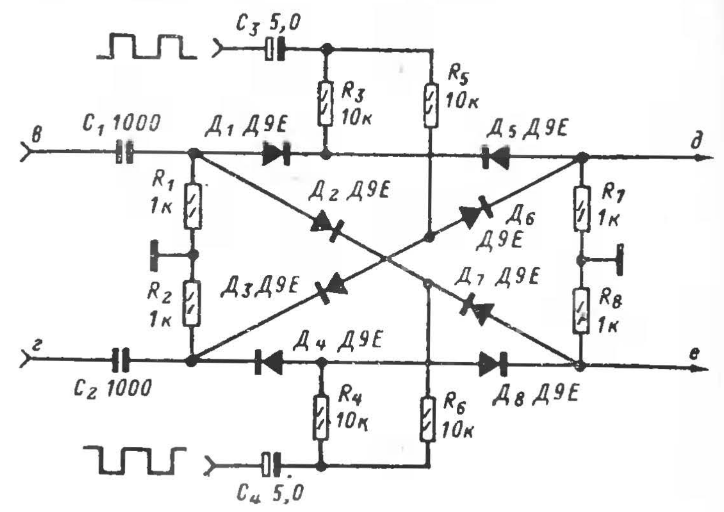


Рис. 33. Восьмидиодный электронный коммутатор.

вырабатывает коммутирующие импульсы. Эти импульсы подводятся к схеме коммутатора через конденсаторы C_3 и C_4.

Каждому состоянию симметричного триггера соответствует вполне определенное состояние отдельных коммутирующих ячеек. Если, например, ячейка на диодах $Д_1$, $Д_5$ отперта и пропускает сигнал, то ячейка на диодах $Д_3$ и $Д_6$ заперта и сигнала не пропускает. Триггер управляет состоянием всех ячеек так, что сигнал прямого канала в течение одной строки может проходить только на один какой-либо выход электронного коммутатора. Сигнал канала задержки в это же время проходит на второй выход электронного коммутатора.

И в первом и во втором примерах построения схем электронного коммутатора после окончания строки все ячейки изменяют свое состояние на обратное, т. е. если какая-либо ячейка была отперта, то она запирается, и наоборот. В связи с этим на каждый выход коммутатора поочередно проходят то сигнал от прямого канала, то сигнал от канала задержки.

Таким образом, в электронном коммутаторе происходит сортировка разнородных сигналов, чередующихся с частотой строк так, что на одном из его выходов выделяется поднесущая сигнала U_{Y-R}, а на другом — поднесущая сигнала U_{B-Y}.

Следует обратить внимание на то, что в варианте схемы четырехдиодного коммутатора, приведенном на рис. 32, коммутирующие импульсы, вырабатываемые триггером, подводятся к диодам непосредственно (без разделительных конденсаторов), что дает некоторые удобства в процессе настройки схемы, позволяя проводить работу в статическом положении триггера. Кондуктивная связь стала возможной здесь благодаря тому, что диодные коммутирующие цепи включены последовательно для токов, протекающих в них.

Если из этой схемы исключить конденсатор C_8, заземлив общую точку соединения резисторов R_{10} и R_{11}, а между коллектором каждого транзистора и резисторами R_8 и R_9 установить электролитические конденсаторы, то получится еще один встречающийся на практике вариант схемы четырехдиодного коммутатора — без потенциальной связи с генератором коммутирующих импульсов.

Восьмидиодный электронный коммутатор по сравнению с четырехдиодным имеет следующие преимущества: не боится перегрузки сигналами большой амплитуды, дает дополнительное ограничение сигналов и обеспечивает несколько меньшее значение перекрестных связей. Одним из существенных недостатков восьмидиодного коммутатора следует считать необходимость тщательного подбора резисторов R_3, R_5, R_4 и R_6 или установки переменных резисторов в этих цепях, без чего выходные сигналы, принадлежащие соседним строкам, могут существенно отличаться между собой по амплитуде, вызывая цветовую разнояркость строк.

В связи с этим в настоящее время отдается предпочтение четырехдиодному коммутатору, сочетающему достаточно высокие параметры с простотой и надежностью.

ЧАСТОТНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ

При правильной работе электронного коммутатора на одном из его выходов выделяется частотно-модулированная поднесущая цветоразностного сигнала U_{Y-R}, а на другом — поднесущая цветоразностного сигнала U_{B-Y}. Далее каждая из этих поднесущих должна быть демодулирована с тем, чтобы получилось два цветоразностных сигнала. Эту задачу выполняют частотные детекторы, в качестве которых обычно используются фазовые дискриминаторы или реже — частотные детекторы с двумя взаимно расстроенными контурами, позволяющие обеспечить высокое значение крутизны преобразования в сочетании с широкополосностью при весьма жестких требованиях к линейности амплитудной характеристики.

Эти оба типа частотных детекторов не обладают ограничительными свойствами и требуют установки перед ними амплитудных ограничителей, которые должны обеспечить неизменность заданного уровня частотно-модулированного сигнала, а также ограничение уровня шумов и составляющих яркостного сигнала. Амплитудные ограничители устраняют паразитную амплитудную модуляцию поднесущей и поддерживают постоянный уровень поднесущей на входе каждого частотного детектора. Благодаря этому обеспечивается более точное воспроизведение цветоразностных сигналов.

Амплитудные ограничители, устанавливаемые перед частотными детекторами, используются, кроме того, для регулировки размаха цветоразностных сигналов на выходе каждого частотного детек-

тора. Эта регулировка необходима для изменения насыщенности цветного изображения и осуществляется путем пропорционального изменения уровня ограничения в обоих ограничителях. Ручка регулировки насыщенности как оперативный орган управления телевизором выводится на переднюю панель.

В качестве амплитудного ограничителя, устанавливаемого перед частотным детектором, применяется рассмотренный ранее двусторонний амплитудный ограничитель на двух полупроводниковых диодах. К общей точке встречно соединенных диодов подводится постоянное напряжение, изменяемое с помощью потенциометра — регулятора насыщенности. Пропорциональность изменения обоих цветоразностных сигналов при регулировке насыщенности, необходимая для сохранения определенного соотношения между размахами цветоразностных сигналов, т. е. для поддержания правильного матрицирования, обеспечивается тем, что оба ограничителя выполняются по одинаковым схемам, а изменение уровня ограничения в них осуществляется общим регулятором напряжения.

Практический пример построения транзисторного варианта канала частотных детекторов дан на рис. 34. В этой схеме поднесущая, модулированная сигналом U_{Y-R}, через конденсатор C_1 поступает на двусторонний амплитудный ограничитель, в котором используются полупроводниковые диоды $Д_1$ и $Д_2$. Требуемый режим работы диодов в ограничителе обеспечивается протекающим через диоды током, величина которого определяется резисторами R_3 и R_4.

Размах переменного напряжения на выходе двустороннего диодного ограничителя получается примерно равным удвоенному значению падения постоянного напряжения на каждом из резисторов R_5 и R_6. Поэтому в положении движка регулятора насыщенности R_2, соответствующем максимальной насыщенности, когда движок соединен с источником питания, размах выходного переменного напряжения будет наибольшим и достигнет значения приблизительно 0,2 В. По мере перемещения движка в обратную сторону выходное переменное напряжение уменьшается до 0,07 В.

Таким образом, регулятор насыщенности обеспечивает примерно трехкратное изменение размаха поднесущей на входе частотного детектора и такое же изменение размаха цветоразностного сигнала на его выходе. Если при этом регулятор контрастности тоже рассчитан на трехкратное изменение яркостного сигнала, то это позволяет, применив сдвоенный потенциометр, совместить регулировку насыщенности с регулировкой контрастности без заметного нарушения матрицирования во всем диапазоне изменений сигналов яркости и цветности.

С выхода амплитудного ограничителя через конденсатор C_3 цветовая поднесущая поступает на базу первого каскада T_1 — эмиттерного повторителя, предшествующего усилительному каскаду T_2 с фазовым дискриминатором в коллекторной цепи. Эмиттерный повторитель устраняет нежелательную реакцию низкоомной базовой цепи усилителя T_2 на режим ограничителя и повышает устойчивость работы частотного детектора. При этом сквозная амплитудно-частотная характеристика демодулятора делается более линейной.

Резисторы R_7 и R_8 обеспечивают требуемое напряжение смещения на базе транзистора T_1. Для нормальной работы каскада резистор R_7 должен быть подключен к источнику питания +12 В. Если же этот резистор отсоединить от источника питания, то оба транзисторных каскада T_1 и T_2 окажутся запертыми. Это обстоятельство использовано в данной схеме для запирания канала демодуляторов в случае приема черно-белого изображения. Для этого резистор R_7 должен быть связан с устройством опознавания, которое осуществляет автоматическое подключение резистора к источнику питания, если идет прием цветного изображения, или соединяет этот резистор

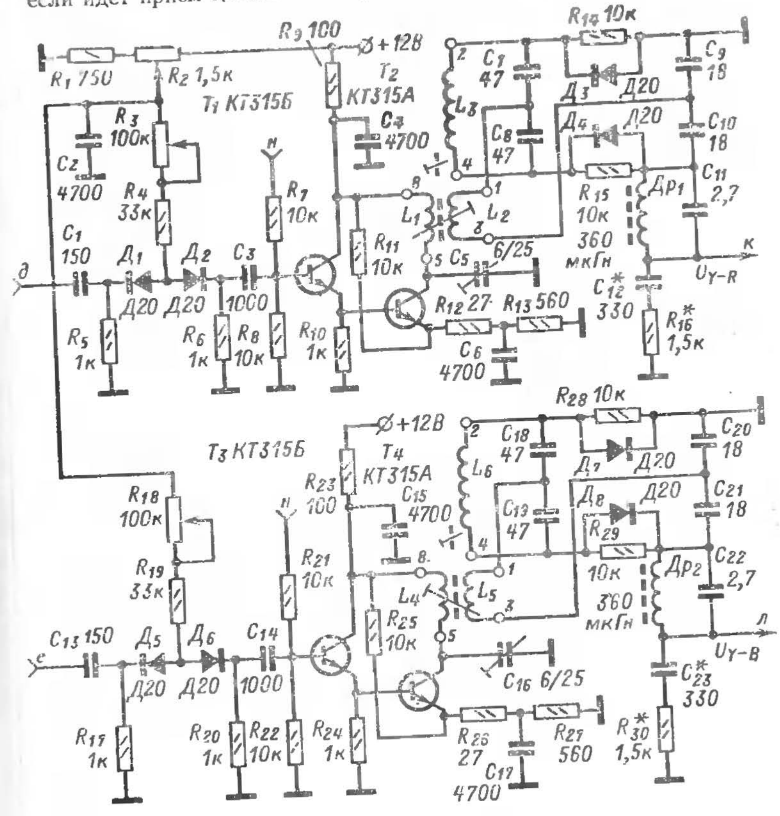


Рис. 34. Каналы демодуляции поднесущих.

с точкой нулевого потенциала, если ведется прием черно-белого изображения.

Резистор R_{13} создает глубокую отрицательную обратную связь по постоянному току, охватывающую каскад T_2, благодаря которой обеспечивается достаточно хорошая температурная стабилизация режима. Конденсатор C_6, шунтируя резистор R_{13}, ослабляет чрезмерно глубокую отрицательную обратную связь по переменному току, уменьшающую коэффициент усиления по напряжению. Однако за счет резистора R_{12} каскад T_2 все же оказывается охва-

ченным достаточно глубокой отрицательной обратной связью по переменному току, что благоприятно сказывается на стабильности амплитудно-частотной характеристики в условиях изменяющейся температуры окружающего воздуха и стабильности настройки на частоту немодулированной поднесущей.

Резистор R_{11} обеспечивает более глубокое запирание транзистора T_2, исключающее заметное прямое прохождение шумов к фазовому дискриминатору и на выход декодирующего устройства в

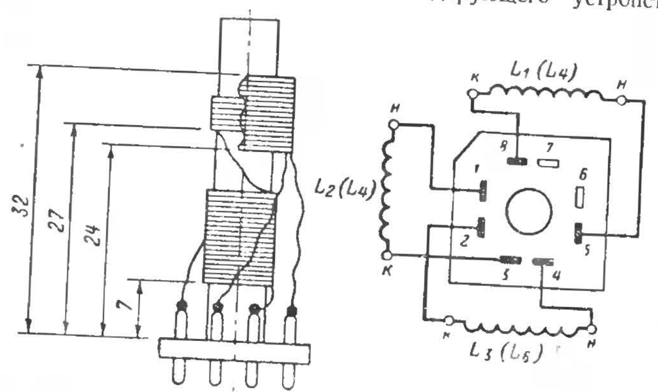


Рис. 35. Конструкция и распайка выводов контура фазового дискриминатора.

случае, когда ведется прием черно-белой программы и по условиям работы телевизора каналы цветности должны быть заперты.

Фазовый дискриминатор, применяемый в рассматриваемой схеме, каких-либо особенностей не имеет. Его резонансная система выполнена с использованием унифицированного каркаса с соответствующим экраном. Конструкция контура дискриминатора показана на рис. 35. Катушка L_3 наматывается виток к витку двумя секциями и имеет 80+25 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,1 мм. Катушки L_1 и L_2 наматываются одновременно внавал в два провода поверх меньшей секции катушки L_3. Каждая катушка L_2 и L_3 должна содержать 60 витков. Для намотки катушек L_1 и L_2 использован провод марки ПЭЛШО 0,14 мм. При изготовлении контура рекомендуется точно выдерживать данные размеры намоток и придерживаться указанной распайки выводов.

Канал демодуляции поднесущей сигнала U_{B-Y} почти идентичен каналу U_{Y-R}. Исключение составляет полярность включения диодов $Д_7$ и $Д_8$, которая изменена в канале U_{B-Y} на противоположную. Требуемые размахи цветоразностных сигналов на выходах частотных детекторов устанавливаются с помощью переменных резисторов R_3 и R_{18}, которыми снабжен каждый из каналов.

Полярность цветоразностных сигналов, выделяемых демодулятором, при необходимости может быть изменена на противоположную изменением полярности включения диодов $Д_3$, $Д_4$ и $Д_7$, $Д_8$ в схеме фазовых дискриминаторов. При показанном на схеме (см. рис. 34) включении диодов и указанной намотке и распайке конту-

ра дискриминатора (рис. 35) полярность обоих цветоразностных сигналов должна быть отрицательной.

На выходе каждого демодулятора устанавливается режекторный колебательный контур, образованный в канале $R-Y$ дросселем $Др_1$ и конденсатором C_{11}. Он предназначен для фильтрации остатков поднесущей частоты, проникающих через паразитные емкости схемы с коллектора транзистора T_2 в выходные цепи демодулятора. Этот контур достаточно широкополосен и поэтому делается ненастраиваемым. Цепочка $R_{16}C_{12}$ предназначена для коррекции низкочастотных предыскажений и обеспечивает оптимальную форму выходных цветоразностных сигналов (без больших выбросов и глубоких провалов на крутых участках сигналов).

Настройка колебательной системы фазового дискриминатора производится с помощью двух сердечников, один из которых располагается в зоне катушек L_1 и L_2, а другой — в зоне катушки L_3. Изменяя с помощью сердечника индуктивность катушки L_3, производят настройку контура дискриминатора на частоту немодулированной поднесущей. Для этого, пользуясь испытательным сигналом цветных полос, совмещают уровень сигнала, соответствующий «белой» полосе, с нулевым потенциалом на выходе частотного детектора, который имеет место при запертых каналах цветности. Регулировкой другого сердечника добиваются наилучшей симметрии выходного цветоразностного сигнала относительно нулевого уровня. Дополнительное симметрирование амплитудной характеристики дискриминатора осуществляется триммером C_5.

ВЫХОДНЫЕ КАСКАДЫ ЦВЕТОРАЗНОСТНЫХ СИГНАЛОВ

В цветных телевизорах, работающих по методу цветоразностных сигналов, эти сигналы должны подводиться к модуляторам масочного кинескопа. При этом размах «красного» цветоразностного сигнала должен быть в 1,4 раза больше размаха сигнала яркости, подводимого к катодам. Наибольший размах должен иметь «синий» цветоразностный сигнал — в 1,79 раза больше яркостного сигнала; наименьший — «зеленый» цветоразностный сигнал, размах которого должен составлять 0,82 от яркостного сигнала. Например, для кинескопов с большим размером экрана при размахе сигнала яркости 70 В (от уровня «белого» до уровня «черного») к модуляторам требуется довести 98 В «красного» цветоразностного сигнала, 125 В «синего» и 57 В «зеленого».

Требуемые уровни цветоразностных сигналов получаются после их соответствующего усиления выходными каскадами, представляющими собой обычно однокаскадные усилители постоянного тока, связанные по входу со своими частотными детекторами. «Зеленый» цветоразностный сигнал получается в резистивной матрице путем сложения в определенном соотношении красного и синего цветоразностных сигналов с последующей инверсией полярности полученного сигнала в выходном каскаде.

Выходные цветоразностные каскады должны обладать хорошей линейностью амплитудной характеристики, достаточным коэффициентом усиления и высокой стабильностью режима. Последнее требование обусловлено тем обстоятельством, что нестабильность режимов выходных каскадов может приводить к относительным изменениям потенциалов на модуляторах кинескопа и этим вызывать на-

рушение баланса белого цвета, при котором появляется неправильная окраска черно-белого и искажение цветного изображения.

Частотная характеристика выходных цветоразностных каскадов должна быть линейной до 1,0—1,5 МГц. Такая сравнительно узкая полоса частотной характеристики позволяет использовать в выходных каскадах маломощные усилительные элементы и большие значения сопротивлений нагрузки без сложных цепей высокочастотной коррекции.

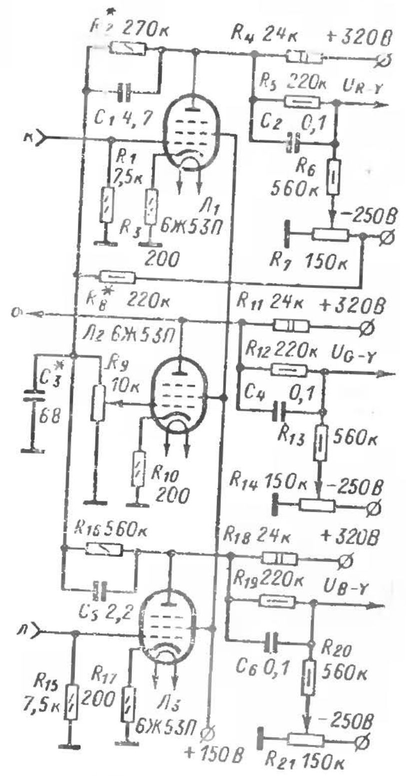


Рис. 36. Выходные каскады цветоразностных сигналов и матрица сигнала U_{G-Y}.

На рис. 36 дан пример построения схемы выходных цветоразностных каскадов с применением ламп. Подобная схема может быть построена и на транзисторах, однако транзисторные схемы преимущественно строятся по методу первичных цветовых сигналов, что обусловлено рядом причин, о которых будет сказано ниже.

«Красный» цветоразностный сигнал отрицательной полярности поступает на управляющую сетку выходного каскада $Л_1$ от соответствующего частотного детектора. Между частотным детектором и входной цепью лампы отсутствует разделительный конденсатор, что обеспечивает полную передачу постоянной составляющей сигнала на сетку лампы.

Для улучшения линейности амплитудной характеристики каскада и для повышения стабильности его режима в катоде установлен резистор R_3, благодаря которому каскад оказывается охваченным отрицательной связью по току.

Нагрузкой каскада является сопротивление резистора R_4. Выделенный на этом резисторе цветоразностный сигнал через цепочку из параллельно соединенных резистора R_5 и конденсатора C_2 подводится к модулятору красной пушки масочного кинескопа. Поскольку резистор R_5 и резистор R_6 образуют делитель для постоянной составляющей сигнала, последняя ослабляется этой цепью, т. е. здесь происходит некоторая потеря постоянной составляющей, которая в зависимости от положения движка потенциометра R_7 может достигать 30%. Переменная же составляющая сигнала проходит на модулятор через конденсатор C_2 без ослабления во всем рабочем диапазоне частот.

Цепочка из резисторов R_5, R_6 и R_7 служит для подбора потенциала модулятора красной пушки, который необходим в процессе регулировки динамического баланса и баланса белого цвета. Перемещая ползунок потенциометра R_7 можно плавно изменять потенциал модулятора примерно от +80 до +150 В. Подобная схема применена для двух других пушек кинескопа.

«Зеленый» цветоразностный сигнал выделяется на резисторе R_9, куда через матрицирующие цепочки R_2C_1 и $R_{16}C_5$ поступают «красный» и «синий» цветоразностные сигналы с анодов соответствующих выходных ламп. Конденсаторы C_1, C_3 и C_5 служат для коррекции частотной характеристики матрицы, обеспечивая требуемую ширину полосы пропускания.

При колебаниях сетевого напряжения в рассматриваемом варианте построения выходных цветоразностных каскадов может иметь место относительное изменение постоянных напряжений на анодах ламп. Такое изменение приводит к нарушению баланса белого цвета и возникает потому, что при изменении напряжения источника питания +320 В происходят почти одинаковые приращения постоянных напряжений на анодах ламп $Л_1$ и $Л_3$ и совсем иное приращение на аноде выходной лампы $Л_2$.

Это объясняется тем, что вследствие уменьшения напряжения на управляющей сетке лампы $Л_2$, связанной через матричные резисторы с анодами двух других ламп, происходит увеличение напряжения на аноде лампы $Л_2$. В результате при уменьшении напряжения источника питания постоянное напряжение на аноде лампы $Л_2$ изменится в меньшей степени, чем постоянное напряжение на анодах ламп $Л_1$ и $Л_2$. Последнее обстоятельство может приводить к тому, что при уменьшении сетевого напряжения цветное или черно-белое изображения будут приобретать неестественную зеленоватую окраску. При увеличении сетевого напряжения будет наблюдаться, наоборот, недостаток зеленого цвета для оптимального баланса белого цвета.

Рассматриваемая схема снабжена компенсирующим устройством, устраняющим нестабильность баланса белого цвета. Такая компенсация достигается введением резистора R_8, связывающего потенциометрическую матрицу с источником напряжения —250 В. Величина сопротивления этого резистора подбирается такой, чтобы постоянное напряжение, действующее на резисторе R_9, стало равным нулевому потенциалу. При этом изменение напряжения источника питания +320 В не приводит к ощутимому изменению нулевого потенциала на резисторе R_9, так как изменение напряжения в этой точке компенсируется противоположным изменением напряжения источника —250 В.

Чтобы обеспечить более идентичные условия работы выходных цветоразностных усилителей, что способствует получению более равных абсолютных приращений постоянных напряжений на анодах ламп при изменениях сетевого напряжения, режимы всех трех ламп по постоянному и переменному напряжениям выбраны одинаковыми. Это целиком и полностью относится также и к режиму лампы «зеленого» цветоразностного сигнала в сеточной цепи которой благодаря компенсирующему резистору R_8 удалось получить нулевой потенциал, т. е. тот же потенциал, который имеют другие цветораз-

ностные усилители в обеих сеточных цепях при отсутствии сигналов цветности.

Регулировка цветоразностных усилителей весьма проста. После установки требуемых размахов цветоразностных сигналов на модуляторах красной и синей пушки масочного кинескопа, которая осуществляется подстроечными резисторами в амплитудных ограничителях демодуляционных каналов декодирующего устройства, с помощью потенциометра R_9 устанавливается требуемый размах «зеленого» цветоразностного сигнала.

Проверка правильности матрицирования может производиться визуально по изображению испытательной таблицы «цветные полосы» на экране кинескопа. При наличии динамического баланса, если запереть принудительно с помощью источника напряжения —250 В зеленую и синюю пушки кинескопа, яркость свечения цветных полос, содержащих в своем составе красный цвет, должна быть примерно одинаковой. Аналогичным образом проверяется матрицирование двух других сигналов, причем в каждом случае запираются две пушки, а третья, проверяемая, остается открытой. Наибольшие трудности может вызвать получение правильного матрицирования «зеленого» цветоразностного сигнала. В отдельных случаях может потребоваться несколько изменить величину резистора R_2, подобрав более точно соотношение между суммируемыми «красным» и «синим» цветоразностными сигналами.

Рассмотренная схема выходных цветоразностных каскадов рассчитана на применение в лампово-транзисторном цветном любительском телевизоре совместно со схемой яркостного канала, приведенной на рис. 26. Точка *O* служит для снятия сигнала для схемы опознавания и цветовой синхронизации, изображенной на рис. 39.

Способ регулировки динамического баланса для данной схемы выходных цветоразностных каскадов состоит в том, что при выключенных каналах цветности (на черно-белом изображении) регулировкой напряжений на модуляторах с помощью потенциометров R_7, R_{14} и R_{21} добиваются, чтобы темные участки изображения цветных полос не имели окраски. Перед этим потенциометры ускоряющих электродов устанавливают в среднее положение. Если при этом на светлых участках изображения будет наблюдаться избыток какого-либо, например красного, цвета, то необходимо потенциометром ускоряющего электрода красной пушки увеличить напряжение на этом электроде, а затем с помощью потенциометра R_7 вновь добиться отсутствия окраски темных участков изображения.

Если же на светлых участках изображения наблюдается недостаток какого-либо, например зеленого, цвета, то следует уменьшить ускоряющее напряжение зеленой пушки, а затем с помощью потенциометра R_{14} добиться отсутствия окраски темных участков изображения.

Регулировка динамического баланса производится на предварительно отъюстированном по чистоте отдельных полей кинескопе, при наличии статического и динамического сведения лучей. В процессе регулировки баланса не рекомендуется допускать чрезмерную яркость свечения экрана на длительное время, так как это может привести к преждевременному истощению эмиссии катодов.

АКТИВНАЯ МАТРИЦА СИГНАЛОВ ОСНОВНЫХ ЦВЕТОВ

В телевизорах, использующих принцип модуляции токов лучей кинескопа первичными цветовыми сигналами U_R, U_G и U_B, эти сигналы обычно подводятся к катодам кинескопа, а модулирующие электроды используются для гашения обратного хода электронных лучей. При таком построении схемы телевизора уменьшается вероятность выхода из строя транзисторов в выходных каскадах цветовых сигналов от высоковольтных разрядов в кинескопе, поскольку оказывается возможным через небольшие сопротивления заземлить по переменной составляющей модуляторы, которые в этом случае играют роль электростатических экранов, препятствующих прохождению высокого потенциала в момент высоковольтного разряда к катодам кинескопа и к транзисторам выходных каскадов.

Следует отметить, что в настоящее время существует много различных способов построения схем матрицирующих устройств, отличающихся между собой способами суммирования цветоразностных сигналов с сигналом яркости. Объем настоящей книги не позволяет провести хотя бы краткое схематическое рассмотрение различных вариантов этих схем, общим для которых является удовлетворение условий матрицирования, выраженных в форме уравнений, рассмотренных ранее.

В качестве практического примера построения активной матрицы цветовых сигналов на рис. 37 приведена транзисторная схема на транзисторах T_1, T_4 и T_7. Транзисторы T_2, T_5 и T_8 прямого отношения к матрице не имеют и предназначены для усиления мощности цветовых сигналов, подводимых к выходным каскадам, выполненным на транзисторах T_3, T_6 и T_9.

На базу матричного каскада T_1 через конденсатор C_2 подается цветоразностный сигнал U_{Y-R}, снимаемый с выхода соответствующего частотного детектора. После небольшого усиления, обеспечиваемого данным каскадом, в коллекторе транзистора выделяется инвертированный сигнал, т. е. сигнал U_{R-Y}.

Вместе с сигналом U_{R-Y} в коллекторе транзистора T_1 имеется яркостный сигнал U_Y, поступающий сюда через резистор R_1 из канала яркости. В результате сложения двух сигналов, если размах цветоразностного сигнала в 1,4 раза больше размаха сигнала яркости (от уровня «белого» до уровня «черного»), в коллекторе образуется первичный цветовой сигнал U_R. Удовлетворение указанного условия достигается регулировкой размаха цветоразностного сигнала, которая осуществляется переменным резистором R_3 в канале демодулятора (рис. 34).

Аналогичным образом достигается получение первичного цветового сигнала U_B в коллекторе транзистора T_7 с той лишь разницей, что при смешении сигналов размах цветоразностного сигнала здесь должен быть в 1,8 раза больше размаха сигнала яркости. Последнее обстоятельство приводит к необходимости несколько увеличить коэффициент усиления в каскаде T_7 по сравнению с каскадом T_1, что достигается уменьшением сопротивления резистора R_{28}, т. е. уменьшением глубины отрицательной обратной связи, создаваемой этим резистором.

С эмиттера транзистора T_1 через резисторы R_7 и R_{18} в эмиттер транзистора T_4 поступает сигнал U_{Y-R}. Одновременно с эмиттера транзистора T_7 через резисторы R_{29} и R_{18} в эмиттер транзистора T_4 поступает сигнал U_{Y-B}. Для этих двух сигналов каскад на

транзисторе T_4 работает по схеме с общей базой, благодаря чему оба сигнала, выделенные в цепи коллектора, усиливаются без изменения полярности. Коэффициент усиления по напряжению каждого сигнала в отдельности пропорционален токам эмиттера от каждого сигнала, которые в свою очередь зависят от сопротивлений резисторов R_7 и R_{29} и частично от положения движка потенциометра R_{18}.

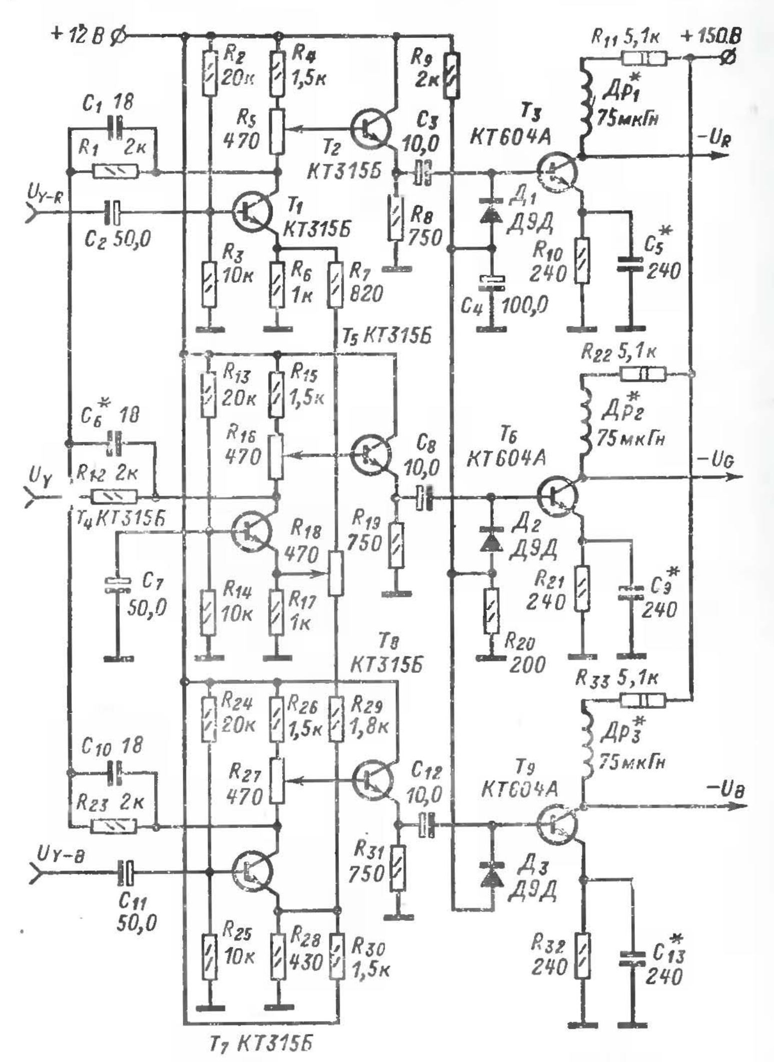


Рис. 37. Активная матрица и выходные каскады сигналов U_R, U_G и U_B.

Соответствующим выбором сопротивлений резисторов в цепях эмиттеров транзисторов T_1, T_4 и T_7 обеспечен такой режим усиления сигналов в транзисторе T_4, при котором размах сигнала U_{R-Y} в 2,5 раза больше размаха сигнала U_{B-Y}, что является условием получения третьего цветоразностного сигнала U_{G-Y} в цепи коллектора этого транзистора. Вместе с цветоразностным сигналом U_{G-Y} в коллекторе транзистора действует яркостный сигнал U_Y, поступающий сюда через резистор R_{12} из канала яркости. Соотношение между размахом яркостного сигнала и размахом цветоразностного сигнала подобрано таким образом, что цветоразностный сигнал составляет 0,8 от размаха сигнала яркости. В результате выполнения последнего условия в коллекторе транзистора T_4 выделяется первичный цветовой сигнал U_G.

В рассматриваемой полной схеме декодирующей матрицы можно выделить четыре элементарные матрицы. В первой матрице, образованной резисторами R_1 и R_4, R_5, происходит формирование красного цветового сигнала из сигналов яркости и цветности по формуле: $U_Y+U_{R-Y}=U_R$. Во второй матрице, составленной из резисторов R_{23} и R_{26}, R_{27}, формируется синий цветовой сигнал по формуле: $U_Y+U_{B-Y}=U_B$. Третья матрица, в состав которой входят резисторы R_7 и R_{29}, позволяет получить зеленый цветоразностный сигнал по формуле $U_{G-Y}=0,5\,U_{Y-R}+0,2\,U_{Y-B}$. Четвертая матрица, состоящая из резисторов R_{12} и R_{15}, R_{16}, дает зеленый цветовой сигнал в соответствии с выражением $U_G=U_Y+U_{G-Y}$.

Усилительные каскады в схеме активной матрицы играют роль инверторов полярности сигналов и развязывающих буферных элементов, препятствующих паразитному прохождению сигналов. Так, например, эмиттерная матрица формирования зеленого цветоразностного сигнала, образованная резисторами R_7, R_{18} и R_{29}, благодаря очень малому входному сопротивлению цепи эмиттера транзистора T_4 препятствует прямому прохождению красного цветоразностного сигнала в цепь эмиттера транзистора T_7, т. е. в канал формирования синего цветового сигнала. Вместе с тем благодаря сильному подавлению «синего» цветоразностного сигнала в эмиттере транзистора T_4 устраняется его нежелательное прохождение в канал формирования красного цветового сигнала. В противном случае первичные цветовые сигналы претерпевали бы заметные искажения своей формы в силу действия указанной паразитной перекрестной связи по цветоразностным сигналам.

Перекрестные связи по цветоразностным сигналам могут возникать и по коллекторным цепям матрицирующих транзисторов, так как коллекторы связаны между собой через резисторы R_1, R_{12} и R_{23}. Нежелательная перекрестная связь через эти резисторы устраняется тем, что источник сигнала яркости имеет весьма малое выходное сопротивление. В качестве такого источника следует обязательно применять каскад, включенный по схеме эмиттерного повторителя (рис. 27). Конденсаторы C_1, C_6 и C_{10} предназначены для компенсации завала частотной характеристики в области высоких частот спектра яркостного сигнала, происходящего вследствие действия паразитных емкостей транзисторов и монтажа электрической схемы.

Потенциометр R_{18}, установленный в цепи матрицирующих резисторов R_7 и R_{29}, служит для более точной установки оптимального соотношения между «синим» и «красным» цветоразностными сигналами. Этим резистором следует пользоваться только после того, когда будет получена правильная форма цветовых сигналов в коллек-

торах транзисторов T_1 и T_7. Вращая движок потенциометра R_{18}, добиваются наиболее правильной формы «зеленого» цветового сигнала на коллекторе транзистора T_4.

Потенциометры R_5, R_{16} и R_{27} дают возможность плавно изменять размахи цветовых сигналов без нарушения матрицирования, т. е. с сохранением правильной формы видеосигналов. Они необходимы как регуляторы динамического баланса для кинескопов, имеющих слишком большой разброс модуляционных характеристик отдельных электронных пушек, который не удается устранить подбором напряжений на ускоряющих электродах.

Эмиттерные повторители, предшествующие выходным каскадам, необходимы для того, чтобы повысить входное сопротивление цепи,

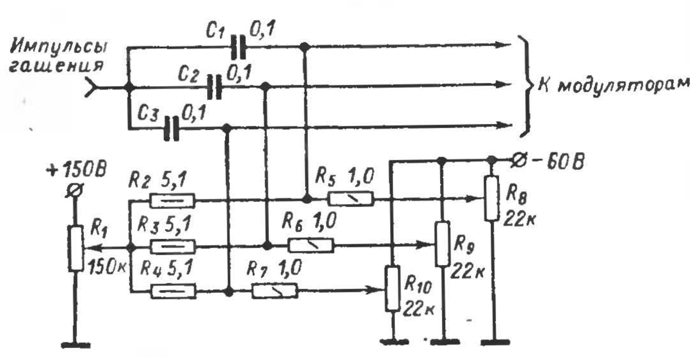


Рис. 38. Вариант схемы питания модуляторов масочного кинескопа.

нагружающей резисторы R_5, R_{16} и R_{27}, что обеспечивает неизменность полного сопротивления нагрузки в коллекторах транзисторов T_1, T_4 и T_7 и тем самым сохраняет правильное матрицирование при изменении положения движка потенциометров R_5, R_{16} и R_{27}.

Кроме того, эмиттерные повторители, имея очень малое выходное сопротивление, создают условия для хорошей работы фиксирующей цепи схемы восстановления постоянной составляющей.

Выходные каскады каких-либо особенностей не имеют. Элементы коррекции частотной характеристики должны подбираться в каждом конкретном случае выполнения монтажа и компоновки с учетом требований к полосе воспроизводимых частот. Для получения требуемой частотной характеристики необходимо воспользоваться сложной схемой коррекции, стремясь сначала расширить полосу частот подбором корректирующих дросселей и шунтов к ним в цепи коллектора и только потом подобрать корректирующий конденсатор в эмиттере.

Для уяснения процесса регулировки динамического баланса рассмотрим приведенную на рис. 38 схему питания модуляторов масочного кинескопа с элементами балансировки, пригодную для совместного использования с рассматриваемой схемой. Постоянное напряжение, подводимое к модуляторам, образуется здесь от двух источников — источника +150 В и маломощного источника стабилизированного напряжения —60 В. Такое напряжение можно получить,

например, выпрямлением импульсов обратного хода строчной развертки.

В цепи источника напряжения +150 В установлен потенциометр R_1, являющийся регулятором яркости. Перемещая положение ползунка потенциометра R_1, можно плавно изменять постоянное напряжение одновременно на всех трех модуляторах, управляя током всех трех лучей кинескопа. При этом на каждом модуляторе напряжение изменяется примерно на 25 В, независимо от того, в каком положении находятся движки потенциометров R_8, R_9 и R_{10}.

Потенциометры R_8, R_9 и R_{10} предназначены для создания условий одновременного запирания трех лучей кинескопа в моменты времени, когда мгновенный уровень видеосигнала, непрерывно изменяясь по абсолютной величине, проходит через уровень черного. Это достигается установкой на модуляторах несколько различных абсолютных значений постоянного напряжения, которое может быть подобрано в пределах от +25 до —25 В, если движок потенциометра R_1 находится в положении наибольшего потенциала.

Кроме постоянных потенциалов на модуляторы кинескопа через конденсаторы C_1, C_2 и C_3 подводится смесь гасящих импульсов, формируемая схемой гашения обратного хода луча по строкам и кадрам. Гасящие импульсы должны иметь отрицательную полярность.

При регулировке динамического баланса сначала необходимо при выключенных каналах цветности потенциометрами R_5, R_{16} и R_{27} (рис. 37) установить одинаковые размахи яркостных сигналов на катодах кинескопа (примерно 50 В от уровня «белого» до уровня «черного»). При этом регулятор яркости должен находиться в положении наибольшей яркости, потенциометры R_8, R_9 и R_{10} (рис. 38) — в среднем положении, а потенциометры в цепях ускоряющих электродов — в положении, соответствующем умеренной яркости черно-белого изображения цветной испытательной таблицы. При регулировке динамического баланса не следует допускать на длительное время чрезмерно больших яркостей изображения в отдельных цветах или в белом цвете, так как цветные кинескопы имеют весьма ограниченные ресурсы эмиссионной способности катодов.

Затем следует установить потенциометры R_8, R_9 и R_{10} в такие положения, при которых темные элементы изображения будут серыми (без какого-либо постороннего цветового оттенка). Если после этого окажется, что светлые элементы изображения, которые должны быть белыми, имеют какую-либо окраску, например в розовый цвет, то необходимо, изменив положение движка потенциометра ускоряющего электрода красной пушки в сторону уменьшения напряжения, регулировкой потенциометра R_{10} добиться нейтральной окраски темных элементов изображения. Подобные регулировочные операции повторяются многократно, и результат достигается путем последовательных приближений.

Для некоторых экземпляров цветных кинескопов указанный способ регулировки динамического баланса может оказаться не вполне эффективным. Например, не удается убрать розовый оттенок в белом цвете. В этом случае рекомендуется с помощью потенциометра R_5 (рис. 37) уменьшить до минимума размах яркостного сигнала на катоде красной пушки и заменить резистор R_7 в схеме балансировки (рис. 38) резистором сопротивления 680 кОм, повторив описанные операции регулировки.

СИСТЕМА ОПОЗНАВАНИЯ И ЦВЕТОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

Как уже указывалось, для нормальной работы декодирующего устройства его необходимо снабдить логической схемой, различающей сигналы цветного и черно-белого изображения. Эта схема должна действовать непрерывно, вырабатывая сигналы, предназначенные для управления состоянием декодирующего устройства. При приеме черно-белого изображения каналы цветности должны быть заперты и на выходе обоих демодуляторов не должно быть каких-либо паразитных сигналов, мешающих нормальному приему. При приеме цветного изображения каналы цветности должны функционировать, а на выходе демодуляторов выделяться цветоразностные сигналы.

Вместе с тем, декодирующее устройство должно иметь другую логическую схему, определяющую синфазность или противофазность работы электронного коммутатора в телевизоре по отношению к фазе работы коммутатора передающей стороны. В случае, если синфазность работы коммутаторов нарушена, логическая схема цветовой синхронизации должна вырабатывать сигналы поправки фазы, которые, воздействуя на электронный коммутатор, быстро устранят ошибку в его работе.

Обе логические схемы, входящие в состав декодирующего устройства, оказываются взаимосвязанными в единую систему, называемую системой опознавания и цветовой синхронизации, поскольку для своей работы они используют общую для них информацию, заложенную в сигналах опознавания (цветовой синхронизации).

Сигналы опознавания, выделенные на выходе демодуляторов декодирующего устройства, представляют собой треугольные усеченные импульсы длительностью в активную часть строки, передаваемые в течение нескольких строк во время обратного хода кадровой развертки. Поскольку эти импульсы до модуляции поднесущих в кодирующем устройстве имеют различную полярность в двух смежных строках (см. рис. 15, *а*), то на выходе демодуляторов декодирующего устройства они должны иметь одинаковую полярность, так как один из демодуляторов инвертирует полярность сигнала. Однако в зависимости от того, синфазно или противофазно работает электронный коммутатор декодирующего устройства, полярность этих импульсов на выходе обоих демодуляторов будет изменяться, так как при смене фазы коммутатора сигналы поменяются местами в каналах демодуляторов и тот сигнал, который до смены фазы инвертировался, будет воспроизводиться без инверсии, а тот сигнал, который не инвертировался, претерпит инверсию.

Данный принцип цветовой синхронизации для своего осуществления требует использования сигналов цветности, прошедших через электронный коммутатор. При этом демодуляция сигналов опознавания может происходить как в общем, так и в отдельном частотном детекторе, предназначенном только для выделения этих сигналов.

Другой известный принцип цветовой синхронизации основан на прямом сопоставлении состояния симметричного триггера, управляющего работой электронного коммутатора, с полярностью импульсов опознавания. В схемах, работающих по этому принципу, отдельный демодулятор включается на выход прямого канала. Выделенные демодулятором разнополярные импульсы опознавания используются

для непосредственного принудительного управления состоянием симметричного триггера в каждом полукадре.

Большинство логических схем опознавания цветного сигнала используют в процессе своей работы то обстоятельство, что импульсами опознавания снабжается только сигнал цветного изображения. Несмотря на простоту этого принципа, проблема разработки недорогих и достаточно помехоустойчивых схем опознавания остается пока весьма актуальной. В настоящее время для повышения помехоустойчивости схем опознавания применяются несколько общих способов, а именно: частотная избирательность, уменьшающая уровень шумов за счет ограничения полосы пропускания канала опознавания; временная избирательность, ограничивающая интервал работы схемы временем прохождения импульсов опознавания; усредняющие цепи, сглаживающие высокочастотные составляющие помех после демодуляции поднесущих; амплитудная избирательность, благодаря которой ограничивается прохождение помех, имеющих амплитуды меньшие, чем полезный сигнал.

Рассмотрим схему опознавания и цветовой синхронизации для лампово-транзисторной схемы цветного телевизора, изображенную на рис. 39. Помимо транзисторов здесь используется триодная часть лампы типа 6Ф12П, совмещенная в одном баллоне с пентодной частью, применяемой в выходном цветоразностном каскаде.

В схему входят ждущий мультивибратор на транзисторах T_1 и T_2, служащий для формирования импульсов строго определенной длительности, следующих с частотой кадров во время обратного хода кадровой развертки, и несимметричный триггер на транзисторе T_3 и лампе $Л_1$, вырабатывающий сигналы поправки фазы для генератора коммутирующих импульсов T_4 и T_5, а также сигналы, управляющие состоянием демодуляторов.

Основным элементом схемы опознавания является несимметричный триггер, к которому подводятся два сигнала: кадровый импульс положительной полярности, сформированный в ждущем мультивибраторе, и «зеленый» цветоразностный сигнал, снимаемый непосредственно с анода пентодной части лампы 6Ф12П. Несимметричный триггер, как и все импульсные устройства такого рода, обладает двумя устойчивыми состояниями равновесия, в каждом из которых лампа и транзистор (в данном случае) либо открыты, либо заперты.

В процессе работы системы опознавания под воздействием подводимых сигналов состояние триггера меняется, а перепады напряжения в коллекторе транзистора T_3 используются для выключения демодуляторов и поправки фазы электронного коммутатора.

Ждущий мультивибратор, имеющий, как известно, два состояния равновесия, одно из которых неустойчивое, запускается положительным импульсом обратного хода кадровой развертки, подводимым к конденсатору C_2. Цепочка R_1C_2 дифференцирует этот импульс, в результате чего получается узкий положительный импульс напряжения, соответствующий во времени переднему фронту исходного импульса. Этот импульс, поступая через диод $Д_1$ на базу транзистора T_1, переводит транзистор из открытого состояния в запертое.

Переход транзистора T_1 в запертое состояние сопровождается отпиранием транзистора T_2. В момент отпирания через диод базового перехода происходит быстрый заряд конденсатора C_4. Зарядившись, конденсатор сохраняет некоторое время отпирающий потенциал на базе, поддерживая открытое состояние транзистора T_2. Од-

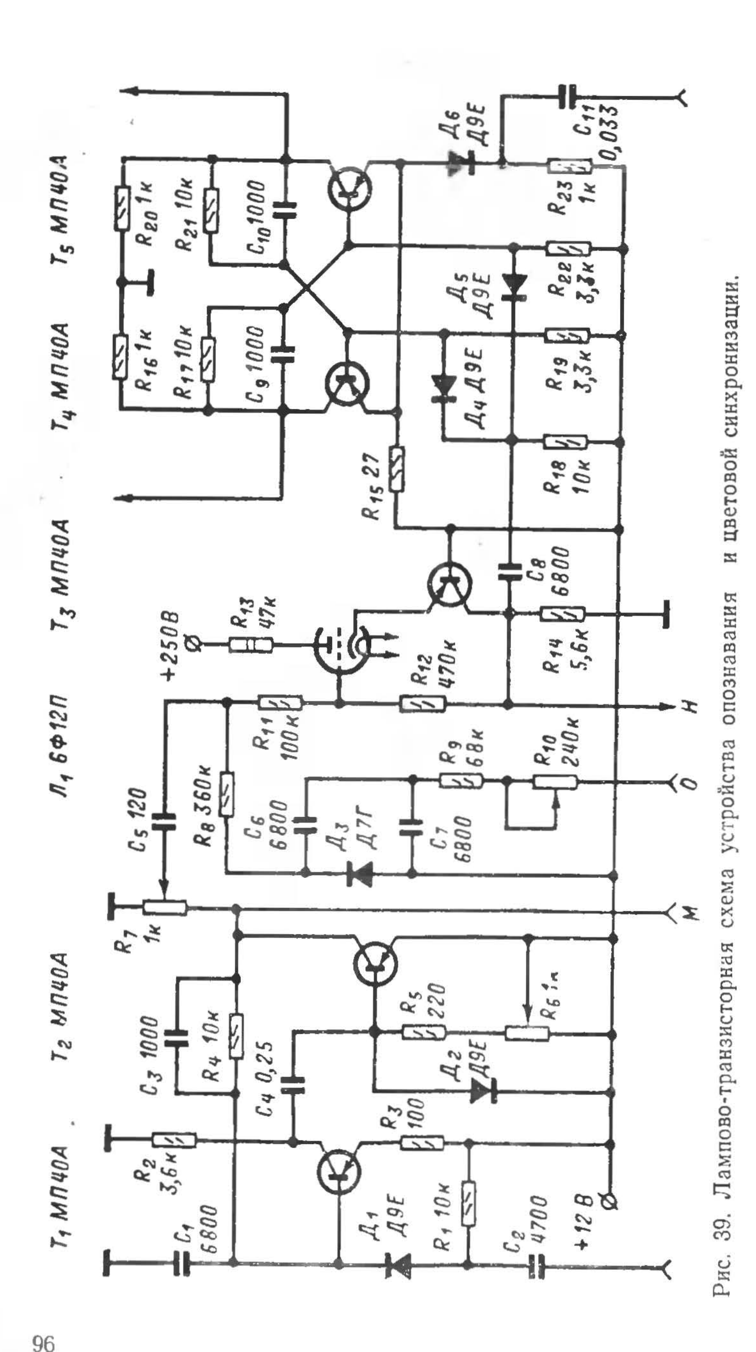


Рис. 39. Лампово-транзисторная схема устройства опознавания и цветовой синхронизации.

новремению поддерживается запертое состояние транзистора T_1, поскольку через резистор R_4 база одного транзистора связана с коллектором другого. Благодаря этому состояние транзистора T_1 не может измениться раньше, чем изменится состояние транзистора T_2.

Постоянная времени цепи разряда конденсатора C_4 подобрана таким образом, что состояние неустойчивого равновесия после запуска сохраняется примерно 1 мс и может регулироваться с помощью переменного резистора R_6, служащего для точной установки требуемой длительности. Сформированный импульс положительной полярности снимается с потенциометра R_7 и имеет форму, изображенную на рис. 40, *а*.

Постоянная времени цепи разряда конденсатора C_5 выбрана довольно малой, в результате чего импульс, пройдя через конденсатор C_5, оказывается продифференцированным, имеющим положительный всплеск напряжения, соответствующий переднему фронту импульса, и отрицательный всплеск, соответствующий заднему фронту (рис. 40, *б*).

Передний фронт кадрового импульса отпирает лампу. Отпираясь, лампа создает ток в эмиттере транзистора T_3, т. е. отпирает этот транзистор. Напряжение на коллекторе становится равным +12 В, что приводит к отпиранию транзисторов в каналах демодуляторов, связанных через резисторы R_7 и R_{21} (рис. 34) с коллектором транзистора T_3 (рис. 39). Такое состояние несимметричного триггера является одним из его устойчивых состояний и поддерживается тем, что коллектор транзистора через резистор R_{12} связан потенциально с управляющей сеткой лампы.

Задний фронт продифференцированного кадрового импульса, имеющий вид короткого отрицательного выброса (рис. 40, *б*), переводит несимметричный триггер в другое устойчивое состояние, при котором лампа и транзистор запираются. В этом состоянии напряжение на коллекторе транзистора T_3 становится равным нулю. Это приводит к запиранию каналов цветности.

а)
б)
в)
г)
д)

Рис. 40. К пояснению принципа работы схемы опознавания.

Таким образом, происходит отпирание каналов цветности на некоторое время, совпадающее с временем прохождения сигналов опознавания.

Импульсы опознавания, несущие информацию о наличии цветного изображения и правильности фазы коммутации, снимаются с анода пентодной части лампы 6Ф12П и после их интегрирования цепочкой R_{10}, R_9, C_7 поступают через разделительный конденсатор

C_6 на диод $Д_3$, где происходит привязка основания проинтегрированного сигнала опознавания, имеющего форму, изображенную на рис. 40, *в*, к уровню постоянного напряжения +12 В.

Далее сигнал опознавания поступает через резисторы R_8 и R_{11} на управляющую сетку лампы и суммируется там с отрицательным выбросом, полученным в результате дифференцирования кадрового импульса. Для правильной работы схемы длительность кадрового импульса устанавливается такой, чтобы отрицательный выброс совпадал во времени с вершиной проинтегрированного сигнала опознавания.

При наличии цветного изображения и правильной фазы коммутации сигналы опознавания, имеющие положительную полярность, суммируясь с отрицательным выбросом от заднего фронта кадрового импульса (рис. 40, *г*), нейтрализуют отрицательный выброс, что препятствует переходу несимметричного триггера в положение, соответствующее запиранию каналов демодуляторов.

В случае неправильной фазы коммутации сигналы опознавания, имеющие отрицательную полярность, суммируясь с отрицательным выбросом от заднего фронта кадрового импульса, способствуют переходу триггера в состояние, при котором каналы демодуляторов запираются (рис. 40, *д*). Переход несимметричного триггера в это состояние сопровождается быстрым перепадом напряжения в коллекторе транзистора T_3. Этот перепад на дифференцирующей цепочке $R_{18}C_8$ преобразуется в короткий отрицательный импульс. Далее через диоды $Д_4$ и $Д_5$, служащие для повышения устойчивости работы симметричного триггера, импульс поступает на базы транзисторов T_4 и T_5 и лишний раз изменяет состояние триггера. При этом правильная фаза электронного коммутатора восстанавливается.

При приеме сигнала черно-белого изображения, в котором сигналы опознавания отсутствуют, каналы цветности открываются в момент прихода переднего фронта кадрового импульса и закрываются в момент времени, соответствующий его заднему фронту. Таким образом, весь активный промежуток времени кадра каналы цветности оказываются закрытыми и открываются только на время обратного хода по кадрам, когда помехи на экране телевизора не просматриваются.

В процессе регулировки системы опознавания и цветовой синхронизации для ее стабильной работы нужно подобрать наиболее благоприятное соотношение между размахом кадрового импульса и размахом импульса опознавания, а также установить оптимальную длительность кадрового импульса. Размах кадрового импульса регулируется переменным резистором R_7. При слишком малом и слишком большом размахе этого импульса несимметричный триггер перестает работать. Тогда при приеме черно-белого изображения на экране телевизора будут видны цветовые мелькания. При приеме цветного изображения каналы цветности не будут открываться или цветность изображения будет искажена из-за отсутствия поправки фазы электронного коммутатора.

Амплитуда импульсов опознавания регулируется переменным резистором R_{10}. Эти импульсы не должны быть чрезмерно большими, так как это может приводить к ложному срабатыванию несимметричного триггера при приеме черно-белого изображения от помех и к переключению декодирующего устройства в режим приема цветной передачи. При слишком малой амплитуде импульсов опознавания декодирующее устройство оказывается выключенным даже в случае приема цветной передачи и цветная передача на экране телевизора воспроизводится как черно-белая.

Для уверенной работы рассматриваемой схемы опознавания и цветовой синхронизации необходимо, чтобы пределы регулировки насыщенности были ограничены в сторону ее уменьшения, так как в случае малой насыщенности амплитуда импульса опознавания может оказаться столь малой, что ее будет явно недостаточно для надежной работы схемы. Указанный недостаток может быть устранен применением специального импульсного устройства, открывающего амплитудные ограничители в каналах демодуляторов и тем самым принудительно увеличивающего уровень сигналов на входе демодуляторов на время прохождения сигналов опознавания. Такое устройство может сделать амплитуду импульсов опознавания стабильной и не зависящей от положения регулятора насыщенности.

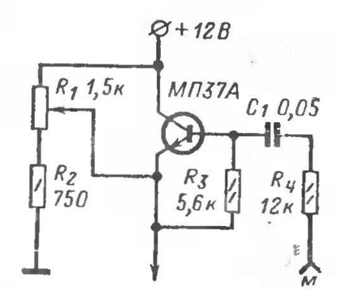


Рис. 41. Вспомогательная схема для повышения устойчивости работы опознающего устройства.

Практический пример схемы стабилизации амплитуды импульсов опознавания дан на рис. 41. Здесь транзистор работает как ключ, соединяя ползунок регулятора насыщенности R_1 с источником +12 В в момент обратного хода по кадрам. Состоянием транзистора управляет кадровый импульс положительной полярности, подводимый к базе транзистора через резистор R_4 и конденсатор C_1 от ждущего мультивибратора.

На рис. 42 приводится еще одна схема опознавания и цветовой синхронизации, для которой используется частотно-модулированный сигнал цветности, снимаемый с выхода прямого канала. Этот сигнал подается через конденсатор C_1 на базу транзистора T_1. Туда же через резистор R_1 поступает кадровый импульс положительной полярности от ждущего мультивибратора, построенного, например, по схеме, рассмотренной ранее (см. рис. 39).

Каскад на транзисторе T_1 представляет собой резонансную усилительную ступень с одиночным колебательным контуром L_1C_2 в коллекторе, настроенном на частоту поднесущей сигнала опознавания «синей» строки 3,9 МГц. Кадровый импульс, поступающий на базу, открывает транзистор только на время прохождения сигналов опознавания. В остальное время каскад запирается и сигналы не проходят в коллекторную цепь. Последнее обстоятельство делает систему опознавания нечувствительной к помехам, поступающим на ее вход во время активного кадрового интервала.

Колебательный контур, обладающий узкой полосой пропускания, выделяет поднесущую сигналов опознавания из общего спектра шумов, обеспечивая дополнительную помехоустойчивость.

С катушкой колебательного контура L_1 индуктивно связана другая катушка L_2, которая нагружена цепью обычного амплитудного детектора, состоящей из диода $Д_1$, конденсатора C_4 и резистора R_5. На нагрузке детектора в базе транзистора T_2 выделяются продетектированные положительные импульсы опознавания «синих» строк,

следующие через два строчных интервала, так как импульсы опознавания «красных» строк не попадают в полосу пропускания контура. Для установки правильной фазы электронного коммутатора используются импульсы опознавания, выделенные в цепи эмиттера. Через резистор R_6 и конденсатор C_5 эти импульсы направляются к диоду $Д_1$ и резистору R_3 (см. рис. 32) схемы симметричного триггера, заставляя триггер изменить свое состояние в случае неправильной фазы коммутации. Если же фаза коммутации правильна, то

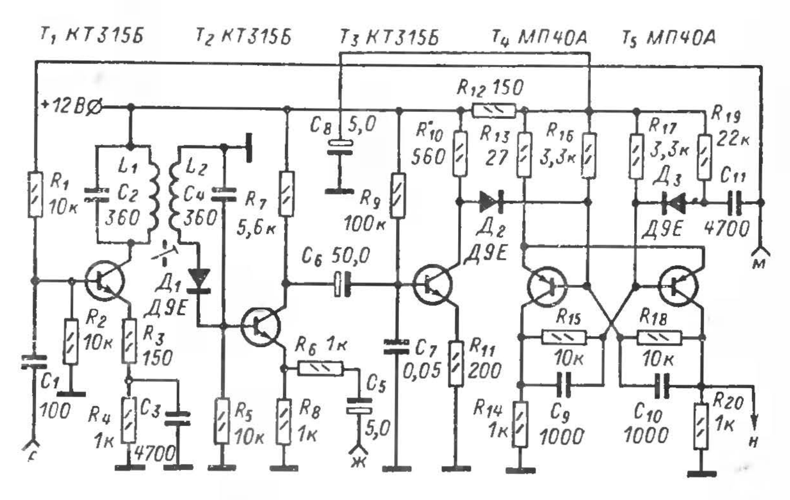


Рис. 42. Транзисторный вариант схемы устройства опознавания и цветовой синхронизации.

импульсы как бы подтверждают состояние триггера, поскольку их полярность совпадает с условиями поддержания правильной фазы.

Обращаясь к схеме электронного коммутатора, изображенной на рис. 32, заметим, что в момент поступления на базу транзистора T_2 положительного импульса опознавания, независимо от того, в каком положении находился этот транзистор до поступления импульса, он должен запереться, а транзистор T_1 открыться. Поскольку после этого момента будут открыты диоды $Д_4$ и $Д_5$ коммутатора, то поднесущая, модулированная сигналом опознавания «синей» строки из прямого канала (точка *в*), пройдет на вход демодулятора «синего» цветоразностного сигнала в точку *е*.

Работа схемы опознавания в рассматриваемой системе осуществляется независимо от работы схемы цветовой синхронизации. Сигналы опознавания сначала усиливаются и интегрируются в коллекторе транзистора T_2 емкостью конденсатора C_7, а затем еще раз усиливаются в следующем каскаде T_3. Режим работы усилителей подобран так, чтобы проинтегрированный положительный импульс опознавания, выделенный в коллекторе транзистора T_3, был несколько ограниченным сверху за счет отсечки коллекторного тока в транзисторе. При этих условиях абсолютное значение максимального уровня импульса опознавания стабилизируется, достигая в процессе своего изменения значения, равного напряжению источника питания, т. е. +12 В.

Состоянием каналов демодуляторов управляет потенциальный триггер, выполненный на транзисторах T_4 и T_5. Управляющий потенциал снимается с резистора R_{20} и подводится к резистору R_7 канала демодуляции поднесущих (см. рис. 34). В одном из устойчивых состояний триггера, когда транзистор T_4 заперт, а транзистор T_5 открыт, в коллекторе транзистора T_5 действует постоянное напряжение порядка +10 В, открывающее демодуляторы и обусловливающее прохождение сигналов цветности к кинескопу. В другом устойчивом состоянии напряжение на коллекторе транзистора T_5 становится равным нулю и каналы цветности запираются.

При наличии сигнала цветного изображения сигнал опознавания проходит с коллектора транзистора T_3 через диод $Д_2$ на базу транзистора T_4 и переводит триггер опознавания в режим, обеспечивающий нормальное воспроизведение цветного изображения. Вместе с тем еще до появления импульса опознавания каждый раз в начале обратного хода кадровой развертки триггер возвращается в обратное состояние, при котором каналы цветности закрываются. Это переключение осуществляется поступающим через диод $Д_3$ в базу транзистора T_5 положительным выбросом напряжения от переднего фронта продифференцированного в цепи $R_{19}C_{11}$ кадрового импульса. Отрицательный выброс напряжения через диод $Д_3$ не проходит и никакого действия на работу схемы не оказывает.

В результате совместного действия двух импульсов каналы цветности выключаются при отсутствии импульсов опознавания и включаются на время активной части каждого полукадра при наличии импульсов опознавания.

Рассмотренные здесь принципы и способы построения систем опознавания и цветовой синхронизации далеко не исчерпывают всех возможных вариантов и являются только типичными практическими примерами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из предыдущего видно, что цветной телевизионный приемник значительно сложнее обычного телевизионного приемника черно-белого изображения. Однако эта сложность вполне оправдывается преимуществами цветного изображения — более высокой выразительностью и художественностью. Последнее обстоятельство настолько существенно, что, вероятно, уже в самом ближайшем будущем цветное телевидение станет единственным средством телевизионного вещания.

В процессе своего становления техника цветного телевидения непрерывно совершенствуется. При этом уже сегодня успешно решаются многие технические задачи, которые совсем недавно казались проблематичными. Решение этих задач направлено в первую очередь на улучшение качества цветного изображения, а также на снижение стоимости телевизора.

Одним из перспективных направлений совершенствования схемно-технологических методов следует считать применение интегральных микросхем.

Работы в этой области ведутся весьма интенсивно. Появились первые образцы интегральных микросхем, предназначенных для телевизионных приемников.

Основная сложность приемника цветного телевидения, как видел читатель, обусловливается применением цветного кинескопа. Поэтому главной проблемой современного цветного телевидения считают проблему создания таких воспроизводящих устройств, применение которых позволило бы упростить приемник и одновременно обеспечить достаточно высокое качество изображения.

Наша промышленность серийно выпускает несколько моделей цветных телевизионных приемников, качество которых непрерывно совершенствуется. Вместе с тем, промышленностью весьма интенсивно ведутся работы по созданию новых современных моделей, способных удовлетворить самых взыскательных телезрителей. Свое достойное место в деле совершенствования приемной цветной телевизионной техники должно занять и творчество наших многочисленных радиолюбителей-конструкторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Певзнер Б. М.** Системы цветного телевидения. М., «Энергия», 1969, 232 с.
2. **Ангафоров А. П.** Оконечные устройства приемников цветного телевидения. М., «Связь», 1971, 240 с.
3. **Бартосяк А. В.** Система цветного телевидения СЕКАМ. М., «Связь», 1968, 160 с.
4. **Ельяшкевич С. А., Кишиневский С. Э.** Приемники цветного телевидения. М., «Связь», 1969, 208 с.
5. **Самойлов В. Ф., Хромой Б. П.** Системы цветного телевидения. М., «Энергия», 1971, 72 с.
6. **Прусов В., Родин А.** Система сведения лучей. — «Радио», 1968, № 4, с. 46—48.
7. **Винников Я.** Блок сведения. — «Радио», 1970, № 8, с. 17—21.
8. **Хохлов Б.** Декодирующее устройство. — «Радио», 1968, № 2, с. 17—20.
9. **Тихомиров В.** Блок цветности. — «Радио», № 6, с. 25—28.
10. **Тихомиров В. С.** Стабилизация режима и параметров транзисторного каскада. М., «Энергия», 1969, 80 с.
11. **Хохлов Б. Н.** Декодирующее устройство цветных телевизионных приемников. М., «Связь», 1973, 104 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Цена 32 коп.